

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

На правах рукописи

Бакаев Максим Александрович

**Разработка интеллектуальной системы для поддержки  
проектирования человеко-компьютерного взаимодействия  
в веб-приложениях**

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

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор Авдеенко Т.В.

Новосибирск-2012

## Содержание

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Список сокращений .....                                                                   | 6  |
| Введение .....                                                                            | 7  |
| Глава 1. Сфера человеко-компьютерного взаимодействия (ЧКВ) и методы инженерии знаний..... | 14 |
| 1.1 Проектирование ЧКВ как сфера деятельности .....                                       | 14 |
| 1.1.1 Актуальные задачи проектирования ЧКВ .....                                          | 15 |
| 1.1.2 Методы проектирования ЧКВ .....                                                     | 17 |
| 1.1.3 Проектирование ЧКВ и процесс разработки ПО.....                                     | 19 |
| 1.2 Интерфейс пользователя .....                                                          | 22 |
| 1.2.1 История развития пользовательских интерфейсов.....                                  | 22 |
| 1.2.2 Характеристики интерфейса и качество взаимодействия.....                            | 25 |
| 1.3 Инструментальная поддержка проектирования ЧКВ .....                                   | 29 |
| 1.3.1 Универсальные и специализированные редакторы.....                                   | 29 |
| 1.3.2 Экспертные знания в сфере ЧКВ.....                                                  | 31 |
| 1.3.3 Инженерия знаний и интеллектуальные системы .....                                   | 35 |
| 1.3.4 Инструменты для организации рекомендаций .....                                      | 37 |
| 1.3.5 Моделеориентированные средства автоматизации.....                                   | 39 |
| 1.4 Основные задачи диссертационной работы .....                                          | 43 |
| Глава 2. Модели представления знаний и проектирование ИС .....                            | 46 |
| 2.1 Архитектура ИС, входная и выходная информация .....                                   | 46 |
| 2.2 Модели представления знаний для ИС.....                                               | 49 |
| 2.2.1 Онтологии в инженерии знаний .....                                                  | 49 |
| 2.2.2 Фреймовая модель представления знаний.....                                          | 51 |
| 2.2.3 Продукционная модель представления знаний .....                                     | 52 |
| 2.2.4 Синтез моделей представления знаний.....                                            | 53 |
| 2.3 Реализация фреймовой онтологии предметной области .....                               | 59 |
| 2.3.1 Класс «Задача проектирования ЧКВ» .....                                             | 60 |
| 2.3.2 Характеристики пользователей и классы онтологии .....                               | 60 |

|          |                                                                                                   |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.3    | Классы, связанные с требованиями к веб-приложению.....                                            | 63  |
| 2.3.4    | Классы, связанные со знаниями в сфере ЧКВ .....                                                   | 66  |
| 2.3.5    | Классы, связанные с представлением веб-интерфейса .....                                           | 68  |
| 2.3.6    | Прочие классы предметной области .....                                                            | 72  |
| 2.4      | Порождение знаний в ИС .....                                                                      | 72  |
| 2.4.1    | Определение контекста проекта .....                                                               | 72  |
| 2.4.2    | Расчет эффективности рекомендаций .....                                                           | 75  |
| 2.5      | Выводы .....                                                                                      | 79  |
| Глава 3. | Модели поведения пользователей в ЧКВ.....                                                         | 80  |
| 3.1      | Методы исследования характеристик пользователей для различных аспектов взаимодействия .....       | 80  |
| 3.1.1    | Закон Фиттса.....                                                                                 | 82  |
| 3.1.2    | Закон Хика .....                                                                                  | 86  |
| 3.1.3    | Методика «эмоциональной инженерии» .....                                                          | 87  |
| 3.2      | Исследование характеристик пользователей в физическом и когнитивном аспектах взаимодействия ..... | 90  |
| 3.2.1    | Описание экспериментального исследования .....                                                    | 91  |
| 3.2.2    | Результаты исследования влияния характеристик пользователей (часть I) .....                       | 93  |
| 3.2.3    | Результаты исследования влияния характеристик пользователей (часть II) .....                      | 97  |
| 3.2.4    | Индекс сложности выбора .....                                                                     | 101 |
| 3.3      | Исследование характеристик пользователей в эмоциональном аспекте взаимодействия .....             | 105 |
| 3.3.1    | Описание экспериментального исследования .....                                                    | 105 |
| 3.3.2    | Результаты исследования влияния характеристик пользователей (часть III).....                      | 108 |
| 3.4      | Выводы .....                                                                                      | 114 |
| Глава 4. | Построение интеллектуальной системы и «портала знаний».                                           | 116 |

|       |                                                                               |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1   | Детализация структуры онтологии и функционирование ИС ...                     | 116 |
| 4.1.1 | Детализация характеристик целевых пользователей .....                         | 116 |
| 4.1.2 | Класс «Пожилой пользователь» ( <i>Elder user</i> ) .....                      | 118 |
| 4.1.3 | Субъективная удовлетворенность пользователя .....                             | 120 |
| 4.1.4 | Типовые требования и сервисы веб-приложений .....                             | 121 |
| 4.1.5 | Функционирование ИС .....                                                     | 123 |
| 4.2   | Выбор средств реализации ИС .....                                             | 126 |
| 4.3   | Наполнение базы знаний ИС .....                                               | 129 |
| 4.3.1 | Рекомендации по проектированию .....                                          | 129 |
| 4.3.2 | Правила вывода ( <i>P</i> ) .....                                             | 130 |
| 4.4   | Реализация ИС .....                                                           | 131 |
| 4.4.1 | Основной блок ИС .....                                                        | 133 |
| 4.4.2 | Присоединенные процедуры ИС .....                                             | 135 |
| 4.4.3 | Портал знаний .....                                                           | 137 |
| 4.5   | Практическое применение ИС для проектирования ЧКВ .....                       | 139 |
| 4.5.1 | Задание входной информации для ИС .....                                       | 139 |
| 4.5.2 | Работа ядра ИС, выходная информация .....                                     | 140 |
| 4.5.3 | Проектирование веб-приложения для НФ НГТУ .....                               | 145 |
| 4.6   | Оценка качества решения, полученного с использованием ИС .....                | 146 |
| 4.6.1 | Описание экспериментального исследования .....                                | 146 |
| 4.6.2 | Результаты экспериментального исследования .....                              | 149 |
| 4.6.3 | Выводы по экспериментальному исследованию .....                               | 151 |
| 4.7   | Выводы .....                                                                  | 152 |
|       | Заключение .....                                                              | 154 |
|       | Список литературы .....                                                       | 157 |
|       | Приложение 1 Перечень классов, отношений и атрибутов в онтологии ..           | 179 |
|       | Приложение 2 Экземпляры класса <i>HCI knowledge representation class</i> .... | 192 |
|       | Приложение 3 Правила продукционной модели ( <i>P</i> ) в ИС .....             | 221 |
|       | Приложение 4 Тексты программ на языке CLIPS .....                             | 229 |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Приложение 5 Применение ИС при разработке веб-приложения для НФ<br>НГТУ .....                                                       | 248 |
| Приложение 6 Свидетельство о государственной регистрации программы<br>для ЭВМ и акты об использовании результатов диссертации ..... | 259 |

## **Список сокращений**

ЧКВ – человеко-компьютерное взаимодействие

ИС – интеллектуальная система

СОЗ – система, основанная на знаниях

БЗ – база знаний

ПО – программное обеспечение

ИТ – информационные технологии

ИИ – искусственный интеллект

ЭК – электронная коммерция

HTML – Hyper Text Markup Language (язык разметки гипертекста)

DHTML – Dynamic HTML (динамический HTML)

CMS – content management system (система управления содержимым)

MVC – model-view-controller (модель-представление-поведение)

## Введение

За первое десятилетие XXI века количество интернет-пользователей в мире увеличилось более чем в 5 раз, достигнув 2 миллиардов человек [103], а число активных веб-сайтов (веб-приложений) в 2011 г. превысило отметку в 150 миллионов [133]. По результатам этого же года суммарный объем реализации крупнейших российских компаний в сфере информационных технологий (ИТ) достиг рекордной величины в 508,4 млрд руб., причём максимальным (46%) оказался прирост в сфере разработки программного обеспечения (ПО) [42]. При этом, согласно исследованиям, не менее 50% всего создаваемого программного кода посвящено пользовательским интерфейсам [78], а разработка средств эффективного взаимодействия человека с компьютером считается одним из приоритетных направлений развития искусственного интеллекта и информатики в целом [31].

Интерфейс пользователя является основным предметом полидисциплинарного научного направления под названием «человеко-компьютерное взаимодействие» (ЧКВ), формирование которого началось в 1960-е годы, в том числе в нашей стране, на стыке информатики, эргономики, инженерной психологии и других областей. Согласно рекомендациям специалистов, на обеспечение качества интерфейса следует выделять не менее 10% от общего бюджета проекта по разработке ПО. При этом среднее улучшение основных бизнес-показателей веб-приложений составляет от 83% (США, 2008 г.) [145], что позволяет сделать вывод о значительной экономической эффективности проектирования качественного взаимодействия. Тем не менее, применение методов проектирования взаимодействия на практике осуществляется далеко не во всех проектах, связанных с разработкой ПО [69]. В результате значение даже такого базового показателя качества интерфейса как «процент успешного выполнения задач», для веб-приложений составляло в 2009 г. не более 81% [139] (в России, предположительно, около 60%), а для отдельных категорий пользователей ещё в 1,5-2 раза ниже [140].

Одна из проблем, отмечаемых в сфере ЧКВ, заключается в том, что практическое знание в данной области характеризуется слабой степенью организации [94], – это приводит к существенным затратам времени разработчиков на поиск, интерпретацию и применение соответствующих рекомендаций или готовых «шаблонов проектирования» (типовых решений, используемых при проектировании интерфейсов) [200, с. 98]. Интеллектуальные (экспертные) системы (ИС) для поддержки проектирования интерфейсов, ряд которых создавался с начала 2000-х годов, можно разделить на инструменты для организации рекомендаций (MetroWeb, BORE и др., см. [201], [85], [94], [76]) и для автоматизированной генерации кода интерфейса и его валидации (см. [16], [134], [86]). Эффективное совмещение этих подходов и устранение их недостатков позволило бы сократить затраты времени проектировщиков на поиск существующих рекомендаций, снизить количество ошибок, связанных с их применением, и, тем самым, повысить уровень качества создаваемых пользовательских интерфейсов.

**Целью** диссертационной работы является разработка, с использованием методов инженерии знаний, средств интеллектуальной поддержки проектирования человеко-машинных интерфейсов в веб-приложениях. Разрабатываемая интеллектуальная система должна включать базу знаний (БЗ), максимально полно охватывать стадии процесса разработки ПО, а также учитывать специфику проектируемого взаимодействия (для предоставления практических знаний, соответствующих контексту конкретного проекта).

Для достижения поставленной цели в рамках диссертационной работы были поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Проведение анализа структуры знаний в сфере ЧКВ и процесса проектирования взаимодействия, а также выбор адекватных моделей и средств представления знаний.



2. Разработка и экспериментальное исследование моделей взаимодействия в человеко-машинных интерфейсах для выявления характеристик пользователей, значимых для различных аспектов взаимодействия.

3. Построение базы знаний для предметной области проектирования ЧКВ в веб-приложениях, включающей механизмы организации хранимых знаний и оценки их сравнительной эффективности.

4. Создание интеллектуальной системы на основе разработанной онтологии проектирования ЧКВ, её применение для решения практических задач в предметной области, оценка качества полученных результатов.

**Объектом исследования** являются знания в сфере ЧКВ, а **предметом исследования** – процессы обработки, организации и практического применения знаний для повышения эффективности проектирования ЧКВ в веб-приложениях.

Среди использованных **методов исследования**: методы инженерии знаний (построение онтологий, применение фреймовой и продукционной модели, анализ текстологических источников), компьютерной лингвистики, статистического анализа. При разработке программного обеспечения использовались подходы логического, структурного и объектно-ориентированного программирования. В качестве методологической основы также использовались исследования отечественных и зарубежных учёных: Я. Нильсена, Т.А. Гавриловой и В.Ф. Хорошевского, Т. Грубера, Н.Г. Загоруйко, Б.Ф. Ломова, П. Фиттса, У. Хика, Ю.А. Загорулько, В.И. Хабарова, Е.Б. Цоя и М.Г. Грифа, А.С. Клещева и В.В. Грибовой, J. Vanderdonckt, N. Noy, S. MacKenzie, Д. Нормана и др.

Результаты, выносимые на защиту, и их **научная новизна**:

1. Разработан новый подход к проектированию человеко-машинных интерфейсов для веб-приложений, комбинирующий организацию практических знаний и модели ориентированную автоматическую генерацию прототипа интерфейса исходя из специфики конкретного проекта.

2. Предложена гибридная модель представления знаний, комбинирующая онтологию, фреймовый и продукционный компоненты для эффективной обработки знаний посредством индексации их базовыми терминами из контролируемого словаря.

3. Предложены расширенные модели человеко-машинного общения, описывающие поведение различных категорий пользователей, и выявлены значимые для взаимодействия характеристики пользователей для уточнения структуры БЗ.

4. Создана интеллектуальная система для поддержки проектирования человеко-машинных интерфейсов в веб-приложениях, на основе онтологической модели, базы знаний продукционной модели, а также механизмов их взаимодействия.

5. Разработан «портал знаний» для интеллектуальной поддержки процесса проектирования ЧКВ в веб-приложениях, интегрирующий компоненты гибридной модели с интерфейсом ИС и включающий механизм определения «эффективности» рекомендаций, основанный на композиции нечётких отношений.

**Апробация:** основные выводы и научные результаты диссертационной работы докладывались на ряде научно-практических конференций, из которых 13 являлись международными: The 10th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems и International Association of Societies of Design Research 2009 Conference, г. Сеул, Ю. Корея, 2007 и 2009 гг.; The Eighth Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, г. Бангкок, Таиланд, 2007 г.; VIII международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», г. Воронеж, 2008 г.; VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, г. Порту-Алегри, Бразилия, 2008 г.; IEEE Region 8 International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering, IASTED Automation, Control, and Information Technology ACIT'2010, и Ershov Informatics Conference (PSI 11), г. Новосибирск, 2008, 2010 и 2011 гг.; DST-RFBR Sponsored Indo-Russian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics, г. Сурат, Индия, 2010 г.; International Conference on Information and Multimedia Technology и International Con-

ference on Business Intelligence and Financial Engineering, г. Гонконг, 2010 и 2011 гг.; IADIS International Conference Applied Computing, г. Рио-де-Жанейро, Бразилия, 2011 г.; The 17th International Conference on Database Systems for Advanced Applications, г. Пусан, Ю. Корея, 2012 г.

**Публикации:** по теме диссертации автором опубликовано 17 работ (из них 11 на английском языке), в том числе 3 публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК [1, 5, 7], 1 публикация в зарубежном научном периодическом издании [62], 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ [4], 12 публикаций в сборниках материалов международных научно-практических конференций [48, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 176, 6].

**Достоверность** выполненного исследования достигнута посредством предварительного анализа существующего в сфере проектирования ЧКВ и инженерии знаний научного и практического опыта, применения положительно зарекомендовавших себя методологий (закон Фиттса, методика «эмоциональной инженерии», юзабилити-тестирование) и моделей представления знаний (онтологической, фреймовой и продукционной). Кроме того, при проведении количественных экспериментов было получено значительное (около 20.000) наборов данных, а методы их статистического анализа показали высокую значимость результатов. Наконец, разработанная по результатам исследования интеллектуальная система была успешно опробована на ряде практических задач из сферы проектирования ЧКВ, причём полученные решения показали приемлемый уровень качества взаимодействия по сравнению с существующими аналогами.

**Научная и теоретическая значимость** диссертационного исследования заключается в том, что построенная онтологическая модель может быть использована в научных исследованиях, т.к. структурированная информация и упорядоченная терминология предоставляют основу для проведения анализа предметной области проектирования ЧКВ – например, на предмет возможных

противоречий или нахождения высокосемантических факторов, а также установления семантической эквивалентности одинаковых фактов и понятий. В работе показано, что словарь базовых терминов может успешно применяться в качестве основы для описания контекста проекта по созданию веб-приложения, который формируется в том числе из терминов, извлекаемых из требований к продукту, сформулированных на естественном языке. Предложены подходы для организации знаний в слабоформализованной области проектирования ЧКВ: классификационная схема для упорядочения рекомендаций на естественном языке и модель на основе нечёткой логики для определения их сравнительной эффективности. Наконец, в ходе создания интеллектуальной системы успешно проработаны такие относительно слабо теоретически изученные и формализованные стадии жизненного цикла разработки интеллектуальных (экспертных) систем как извлечение и структурирование знаний и анализ предметной области (см. [11, с.90, с.137]).

**Практическая значимость** результатов исследования заключается в том, что использование разработанной интеллектуальной системы может позволить повысить эффективность работы проектировщика человеко-машинных интерфейсов (снизить требования к квалификации проектировщиков, затраты времени и количество ошибок) и повысить качество взаимодействия для всех категорий пользователей. Онтологическая модель предметной области проектирования ЧКВ, созданная в данной работе, была внедрена в учебный процесс в рамках дисциплины «Интеллектуальные информационные системы» на кафедре Экономической информатики Новосибирского государственного технического университета (НГТУ). Разработанная на основе онтологической модели интеллектуальная система была успешно использована для поддержки проектирования ЧКВ при создании веб-приложений для Народного факультета НГТУ и ОАО «Трест Сибэнергомонтаж», внутреннего веб-приложения для швейцарской компании «Комакс АГ», веб-интерфейса системы «АИС Электронный инспектор МЧС», входящей в состав системы автоматизации функционирования органов надзор-

ной деятельности МЧС России (государственный контракт №16/2.2.4.1-0314 от 22.11.2011, договор кафедры ЭИ НГТУ № 2011/11-07 от 07.11.2011). Интеллектуальная система прошла государственную регистрацию как программа для ЭВМ, о чём Федеральной службой по интеллектуальной собственности выдано свидетельство № 2011615212 от 01 июля 2011 г.

**Структура и объем:** диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, содержащего 208 наименований, и приложений. Общий объем работы – 265 страниц, включая 32 таблицы и 25 рисунков.

## Глава 1. Сфера человеко-компьютерного взаимодействия (ЧКВ) и методы инженерии знаний

### 1.1 Проектирование ЧКВ как сфера деятельности

Человеко-компьютерное взаимодействие (ЧКВ) является относительно молодым широким и полидисциплинарным научным направлением и на настоящий момент не имеет окончательно устоявшегося определения (названия «общение человека и компьютера» [8], «человеко-компьютерное общение», «человеко-машинное общение» [25] и «человеко-машинное взаимодействие» [3] являются, в целом, синонимом «ЧКВ» [23]). В качестве рабочего определения можно привести следующее: «человеко-компьютерное взаимодействие – дисциплина, изучающая проектирование, оценивание и воплощение интерактивных компьютерных систем, предназначенных для использования человеком, а также сопутствующие аспекты». Человеко-компьютерное взаимодействие находится на пересечении таких научных дисциплин как информатика, компьютерная графика (дизайн), эргономика, промышленный дизайн, инженерная психология, бихевиоризм (наука о поведении) и когнитивная психология, социология и антропология и др., т.е. включает в себя как инженерные и технические науки, так и области знания о человеке [44]. Основным предметом человеко-компьютерного взаимодействия как научной дисциплины является интерфейс (иногда также называемый пользовательским интерфейсом или человеко-машинным интерфейсом) – совокупность средств и правил, согласно которым происходит взаимодействие.

Распространенными также являются термины «проектирование ЧКВ» и «проектирование юзабилити» (англ. *usability engineering*) [162], которые в нашей работе понимаются как синонимы, – оба они обозначают целенаправленную деятельность по повышению качества взаимодействия с компьютерной системой, в первую очередь, улучшению показателей качества интерфейса. Такая деятельность должна осуществляться разработчиками программного про-

дукта, поскольку ошибочно предполагать, что пользователь произведёт самостоятельную донастройку интерфейса, если ему будет предоставлена такая возможность, или же приобретёт какое-либо специализированное интерфейсное устройство [142].

### **1.1.1 Актуальные задачи проектирования ЧКВ**

С конца 1990-х годов начался очередной виток вовлечения широких слоёв общества в использование ИТ, связанный с развитием телекоммуникационных сетей и появлением глобальной сети Интернет. За период с 2000 по 2010 гг. общее количество пользователей Интернета в мире выросло в 5,5 раз (до 2 миллиардов человек) [103], а в России с 2002 по 2010 гг. среднегодовое увеличение составляло 28,8%, и в конце 2010 г. количество пользователей превысило 50 миллионов (43% от совершеннолетнего населения страны) [41]. Схожую быструю динамику роста показывало и количество веб-сайтов: если в 1997 г. их общее количество в мире составляло около 1 миллиона, то уже в 2006 г. – 100 миллионов [156], а в 2011 г. – 150 миллионов [133].

Соответствующими высокими темпами в нашей стране шло и развитие отрасли услуг, связанных с информационными технологиями, – по результатам 2011 г. суммарный объем реализации крупнейших российских ИТ-компаний достиг рекордной величины в 508,4 миллиардов руб., причём максимальным (46%) оказался прирост в сфере разработки ПО. В настоящее время считается, что расходы на исследование и совершенствование юзабилити должны составлять около 10% от общего бюджета проекта; при этом в 2008 г. в США такие вложения давали эффект в виде улучшения основных бизнес-показателей программного продукта в среднем на 83% (в 2003 г. среднее улучшение составляло 135%) [145], что свидетельствует о высокой рентабельности вложений.

Широко отмечается, что качество взаимодействия имеет особую актуальность для веб-приложений – так, например, известный исследователь ЧКВ,

Якоб Нильсен, приводит следующую формулу, описывающую бизнес-эффект ( $B$ ) от сайта электронной коммерции:

$$B \sim V * C * L, \quad (1.1)$$

где  $V$  – это количество посетителей, заходящих на сайт,

$C$  – процент «конверсии», то есть превращения посетителей в клиентов,

$L$  – показатель «лояльности», то есть степени того, насколько клиенты довольны обслуживанием и снова прибегают к услугам сайта [145].

При этом отмечается, что уровень качества ЧКВ (юзабилити) оказывает значительное влияние на процент конверсии  $C$  – очевидно, что столкнувшись со сложностями в использовании веб-интерфейса, посетители могут потерпеть неудачу в ходе выполнении своих задач (например, совершении покупки) или вообще отказаться от использования данного веб-приложения. Юзабилити также оказывает влияние, хотя и менее прямое, на показатель лояльности  $L$  – чем более удовлетворительным был опыт взаимодействия пользователя с веб-приложением, тем выше вероятность, что он воспользуется им повторно [136, с.2].

Тем не менее, качество ЧКВ в веб-приложениях остаётся относительно невысоким, хотя и заметна тенденция к его улучшению: если значение такой простейшей метрики как «процент успешного выполнения задач» для деловых веб-сайтов в США составляло до 56% в 2001 году [136, с. 5], то в 2004 году – уже 66%, а в 2009 году – 81% [139]. Для отдельных категорий пользователей уровень качества является еще более низким, – например, в исследовании, датированном 2002 годом, процент успешного выполнения задач для пожилых людей оказался почти в 1,5 раза меньше, чем для контрольной группы участников [140].

Одна из причин подобной ситуации, по-видимому, в том, что далеко не все команды разработчиков веб-приложений включают в себя квалифицированных аналитика, проектировщика интерфейсов и, тем более, специалиста по юзабилити (в частности, вследствие многочисленности подобных проектов и их



невысокого бюджета). Между тем, продолжающийся рост количества новых веб-приложений сопровождается и увеличением объемов услуг, оказываемых с использованием Интернета: так, экономический оборот в сфере электронной торговли в России по итогам 2009 достиг 155 млрд. руб. [33], а в Западной Европе превысил 68 млрд. евро [84]. Это диктует необходимость повышения удобства взаимодействия с веб-приложениями, требует от компаний-разработчиков способности оперативно устранять недостатки в этой области и внедрять новые стандарты и решения. Поскольку количество веб-страниц в приложениях зачастую измеряется тысячами, традиционные методы разработки и оценки компьютерных интерфейсов не могли оставаться экономически эффективными. С середины 90-х годов в ЧКВ начало выделяться такое прикладное направление как «низкобюджетное» проектирование юзабилити (англ. *discount usability*), [135], включающее недорогие и экономически эффективные методы проектирования взаимодействия для веб-приложений.

### **1.1.2 Методы проектирования ЧКВ**

Современные веб-сайты, как правило, воплощаются не в виде набора статичных веб-страниц (что затруднило бы поддержку веб-сайта и сделало невозможным выдачу посетителям персонализированных данных), а с применением средств динамической организации содержимого. Такими средствами обычно являются исполняемая на сервере программная часть и база данных, в то время как пользовательский интерфейс веб-сайтов отображается в программном браузере. Это позволяет заключить, что большинство современных веб-сайтов является клиент-серверными веб-приложениями (или набором таких приложений), проектирование ЧКВ для которых и рассматривается в нашей работе.

Общее описание процесса проектирования юзабилити (англ. *Usability Engineering Lifecycle*) дано, например, в [162, с.72], а классификация существующих методов – в [180]. Методы и приемы, используемые для оценки и сравнения интерфейсов как программных систем, так и веб-приложений, обыч-

но называют методами исследования юзабилити. На принципиальном уровне их можно разделить на автоматические (когда оценка интерфейса производится компьютерной программой на основе технического задания на разработку), формальные (с использованием моделей и формул для вычисления параметров юзабилити), неформальные (в основном обследование экспертами) и эмпирические (когда интерфейс тестируется пользователями). В настоящее время для решения практических задач в проектах по разработке веб-приложений наиболее используемыми являются неформальные и эмпирические методы, а в целом современные прикладные подходы к исследованию ЧКВ, которые и сформировали направление юзабилити, были предложены в первой половине 90-х годов. Среди наиболее влияющих на уровень юзабилити методов отмечаются [162, с.112]: анализ задач пользователя (англ. *task analysis*), итерационное проектирование интерфейса (англ. *iterative design*) и тестирование с реальными пользователями.

Анализ задач направлен на выявление проблем, стоящих перед пользователем, и существующих или возможных путей их решения, – применение этого метода целесообразно, в частности, для последующего формулирования функциональных требований и определения перечня прецедентов использования (англ. *use cases* – действий, которые пользователь имеет возможность совершать с системой [75]). Итерационное проектирование подразумевает постепенное улучшение показателей качества интерфейса, прототипы которого начинают создаваться на ранних стадиях процесса разработки и в ходе нескольких итераций проходят апробацию на будущих пользователях системы или оцениваются экспертами, а затем подвергаются улучшению. Таким образом, ошибки и неудачные проектные решения могут быть выявлены и устранены на ранних стадиях разработки и с минимальными затратами [162, с.93]. Наиболее популярным методом тестирования взаимодействия с интерфейсом реальных пользователей, используемым в том числе и в ходе итерационного проектирования, является юзабилити-тестирование.

Юзабилити-тестирование (англ. *usability testing*) – это набор экспериментальных техник и методик, позволяющих оценить степень юзабилити некоторого продукта (веб-приложения, программного интерфейса, документа и т.д.) путем тестирования работы с ним реальных или потенциальных пользователей. В отличие от, например, количественных экспериментов в ЧКВ, при этом не ставится целью выработка принципов или моделей универсального характера, а проводится исследование практических свойств объекта, проявляющихся при взаимодействии с ним пользователя. Детальные советы по проведению юзабилити-тестирования приведены, например, в [163] и [116]; существует также стандарт, регламентирующий содержание отчётов о тестировании [105]. Одним из преимуществ юзабилити-тестирования является то, что его можно проводить с относительно небольшим количеством пользователей – так, обобщенные данные с большого количества проектов в сфере ИТ позволяют утверждать, что проведение тестирования всего с пятью пользователями способно выявить более 80% юзабилити-проблем [157]. Таким образом, юзабилити-тестирование, хотя и не является полностью количественным методом, весьма широко распространено на практике, т.к. позволяет достичь высокой степени качества интерфейса программного продукта при относительно небольших издержках.

Проектирование ЧКВ обычно рассматривается как набор мероприятий в рамках процесса разработки программного обеспечения (ПО) [162, с. 16], хотя некоторые исследователи выделяют данные две сферы отдельно [68]. Рекомендованное распределение применения методов проектирования юзабилити по стадиям процесса разработки ПО дано, в частности, в [199], а мы бы хотели более подробно рассмотреть содержание классических этапов данного процесса (выделенных, например, согласно [89]) с точки зрения проектирования ЧКВ.

### **1.1.3 Проектирование ЧКВ и процесс разработки ПО**

На этапе анализа требований соответствующие методы проектирования ЧКВ направлены на то, чтобы были надлежащим образом собраны требования,

относящиеся к взаимодействию с системой, и зафиксированы целевые показатели качества интерфейса. Также, важной задачей на данном этапе является идентификация целевой группы пользователей и определение типичных характеристик её представителей [162, с.73-74] – это связано с тем, что показатели качества интерфейса имеют смысл только в контексте определенной категории пользователей, выполняющей определенные задачи. Таким образом, результатами данного этапа процесса разработки ПО с точки зрения ЧКВ являются:

- 1) портреты целевых пользователей системы, их характеристики и задачи;
- 2) требования к системе, рассмотренные с точки зрения взаимодействия с ней пользователя, и целевые значения показателей качества интерфейса.

На этапе проектирования ПО создаётся проект интерфейса пользователя, основывающийся на требованиях к системе и учитывающий характеристики целевых пользователей. Как правило, сначала создаётся упрощённый прототип интерфейса (на бумаге, в виде статичного изображения на компьютере или как интерактивная программа), или даже несколько прототипов, реализующих различные проектные решения (см. [162, с.85-88]).

При принятии решений в ходе создании проекта интерфейса, разработчик может основываться как на собственном опыте, так и на описанных в литературе принципах организации взаимодействия и практических рекомендациях, соответствующих контексту проекта. Необходимо отметить, что поиск такого уже существующего в сфере ЧКВ знания, релевантного для заданного контекста разработки, может быть сопряжён со значительными трудозатратами, а его корректная интерпретация и адаптация требуют от проектировщика высокого уровня квалификации [200, с.82-98].

В ходе программной реализации непосредственно создаётся программный код разрабатываемой системы и, в том числе, интерфейса пользователя. Этап программной реализации, как правило, не попадает в сферу интересов ЧКВ, поскольку при условии качественного проектирования интерфейса на предыдущем этапе, его воплощение в коде является прямолинейной задачей.

Следует отметить, что для обеспечения единообразия интерфейса (англ. *consistency*), отдельные части которого могут реализовываться разными разработчиками, рекомендуется наличие общей таблицы стилей для продукта (англ. *style sheet*) и явно документированных проектных допущений и решений (англ. *design assumptions*) [67].

Тестирование интерфейса может преследовать две цели: выявление проблем, возникающих при взаимодействии, или же оценку показателей его качества, для сопоставления их с целевыми значениями, зафиксированными в требованиях к системе, или для сравнения различных проектов интерфейса между собой. Тестирование рекомендуется проводить не для итоговой версии, уже после этапа программной реализации, а итерационно, начиная с ранних стадий проекта (как уже отмечалось выше, юзабилити-тестирование прототипов интерфейса может начинаться еще на этапе проектирования), причём оценки показателей качества каждого варианта интерфейса целесообразно сохранять для дальнейшего анализа улучшений на каждой итерации.

Некоторые из методов тестирования взаимодействия пользователей с интерфейсом могут быть полностью или частично автоматизированы (подробное исследование по данному вопросу представлено в [107]), что находит воплощение в многочисленных инструментах, существующих в этой области (см. обзор в [66]).

Распространение (внедрение) – комплекс мер, направленных на то, чтобы пользователь начал работать с созданной программной системой, а поддержка (сопровождение) – деятельность по её улучшению и развитию, адаптации к новым условиям, а также исправлению ошибок. В отличие от предыдущих этапов цикла создания ПО, эта деятельность может не иметь запланированной конечной продолжительности и длиться до тех пор, пока пользователи продолжают работать с системой. Считается, что на данный этап приходится около 60% от общей стоимости создания ПО, причём основная деятельность по сопровожде-

нию продукта связана не с исправлением ошибок, как иногда полагается, а с улучшением и развитием [89].

После внедрения программного продукта, разработчики, наконец, получают потенциально неограниченные возможности по анализу поведения пользователей в ходе взаимодействия, уточнению их потребностей и итерационному улучшению интерфейса. При этом степень успешности спроектированного интерфейса, т.е. его качество, понимается как набор значений некоторых характеристик, проявляемых при работе пользователя с программным продуктом. В следующем разделе нашей диссертации приводится краткий обзор эволюций подходов к созданию пользовательских интерфейсов и рассматривается понятие качества взаимодействия.

## **1.2 Интерфейс пользователя**

### **1.2.1 История развития пользовательских интерфейсов**

Как известно, вплоть до 1960-х годов компьютеры работали в режиме пакетной обработки, т.е. специалисты (программисты или инженеры) вводили все входные данные с перфокарт или магнитных лент, а затем уже начиналось выполнение программы, в ходе которого интерактивное участие человека не предусматривалось. Можно сказать, что в это время понятие «интерфейс пользователя» практически не осознавалось – акцент в сфере информационных технологий (ИТ) был непосредственно на осуществлении вычислений, а не на взаимодействии с компьютерами, и, таким образом, интерфейс расценивался скорее как нежелательная дополнительная нагрузка на вычислительные мощности [70].

Тем не менее, тогда же началось постепенное внедрение интерфейса «командной строки», который может быть назван полноценным пользовательским интерфейсом и который используется в программных продуктах по настоящее время. «Командная строка» позволяла существенно повысить интерактивность

работы с компьютером, снизив время между взаимодействиями с часов и даже дней до нескольких секунд [177]. Также, в течение 1960-х годов, происходило активное изобретение и совершенствование интерфейсных устройств, применяемых для ЧКВ: так, появление видеодисплеев, поддерживающих векторную графику, датируется 1961 г. (компьютер PDP-1) [177]; первой программы, использующей элементы графического интерфейса – 1963 г. («Скетчпад», созданная Иваном Сазерлендом, учеником Клода Шеннона) [192]; а компьютерной мыши – 1965 г. (в Стэнфордском исследовательском институте) [80].

Бурное развитие ЧКВ как дисциплины шло в 70-80-е годы, по мере того, как компьютеры становились более дешевыми, массовыми и распространенными, – в процессе этого стоимость компьютерного времени относительно времени человека постоянно снижалась, а пользователями компьютеров стали широкие массы неспециалистов. Компьютер при этом становился рыночным продуктом, проблематика человеко-компьютерного взаимодействия приобретала практический характер, а на первый план постепенно выходили потребности и возможности пользователей. Отражая эту тенденцию, оформилась концепция проектирования, ориентированного на человека (англ. *human-centered design*), а термин «взаимодействие компьютера и человека» (англ. *computer-human interaction*) стал все чаще заменяться на «человеко-компьютерное взаимодействие» (англ. *human-computer interaction*). Вместе с распространением персональных компьютеров, в 80-е годы появилось особенно значительное количество публикаций по проблематике ЧКВ (см., например, [109, 167, 49, 186, 92, 96]). В СССР формирование направления, связанного с человеко-машинным взаимодействием и проектированием интерфейсов, началось с 1958 года с обзоров американских работ в журнале «Вопросы психологии» [28], а дальнейшее его развитие происходило в основном в рамках эргономики [22, 10]. В одном из исследований, проведенном в 1992 году, была приведена оценка, что в проектах по созданию информационных систем 48% от общей трудоемкости составляет

проектирование и разработка пользовательского интерфейса [128], что подчеркивало практическую значимость данной области.

Активное внедрение веб-технологий, начавшееся с середины 1990-х годов, привело к дальнейшему увеличению количества пользователей и к экспоненциальному росту количества создаваемых программных продуктов (за счёт веб-приложений). Традиционные методы разработки и оценки пользовательских интерфейсов, применяемые в крупных компаниях или специализированных исследовательских лабораториях, не могли оставаться экономически эффективными, что привело к развитию упрощённых или «низкобюджетных» методов проектирования ЧКВ – методологии, заложенной и впоследствии активно разрабатываемой известным исследователем Я. Нильсеном [137, 135, 198, 162]. В 2002 году было подсчитано [78], что не менее 50% всего создаваемого программного кода посвящено пользовательским интерфейсам, – таким образом, за прошедшие 10 лет (см. упоминание [128] выше) важность проведения исследований в сфере ЧКВ, как минимум, не уменьшилась.

В течение 2000-х годов постепенно происходило дальнейшее повышение качества веб-интерфейсов, причём среднегодовые темпы улучшения составляли около 6%, что можно расценивать как дополнительное свидетельство того, что первичным фактором в сфере ЧКВ является человек, а не компьютерные технологии, показывавшие развитие на уровне десятков процентов в год (например, вычислительная мощность или скорость интернет-доступа) [144]. В этот же период времени особое внимание начало уделяться так называемому «универсальному дизайну» (англ. *universal design*) и общедоступности (англ. *accessibility*) в сфере ИТ [207], т.е. обеспечению качественного взаимодействия с компьютером особых категорий пользователей – детей [26], пожилых людей, инвалидов [171, 188]. Актуальность задачи преодоления так называемого «цифрового разрыва» (англ. *digital divide*), – ситуации, когда определенные социальные группы, определяемые по признаку возраста, уровня дохода, образования, географического положения или национальности характеризуются существен-



но более низким уровнем вовлечённости в ИТ [183, с. 274; 119], – отмечалась, в частности, и Президентом РФ Д.А. Медведевым [24].

В документе «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации» [38], принятом 07 февраля 2008 г., среди принципов, задач и направлений реализации Стратегии, в частности, отмечается: создание условий «для равного доступа граждан к информации», «стимулирование применения организациями и гражданами информационных и телекоммуникационных технологий», а также «увеличение объемов и качества государственных услуг, предоставляемых организациям и гражданам в электронном виде». Достижение целей, поставленных в Стратегии, – в частности, развитие средств электронного правительства (ЭП), которое в настоящее время считается одним из приоритетов в области информационных технологий, – невозможно без обеспечения высокого качества взаимодействия с веб-приложениями и их доступности для всех категорий пользователей.

### **1.2.2 Характеристики интерфейса и качество взаимодействия**

Интерфейс как система, предназначенная для взаимодействия человека и компьютера, как правило, включает в себя физический (аппаратный) и логический (программный) компоненты. К первому относятся устройства ввода-вывода или так называемые интерфейсные устройства (англ. *human interface devices*), а ко второму – интерфейсный уровень компьютерных программ (англ. *user interface layer*). В ЧКВ в качестве интерфейсных устройств рассматриваются те, которые непосредственно взаимодействуют с человеком, обеспечивая ввод (ввод данных и управление их обработкой) и вывод (представление результата работы или состояния компьютера). Аналогично, выделяется интерфейс пользователя компьютерной программы, то есть совокупность таких её элементов, которые могут оказывать влияние на взаимодействие пользователя с программой (её функциями). Такой подход отражён и в современных техноло-

гиях проектирования программных систем, таких как MVC («модель-представление-поведение», впервые описана в [178]), которые призывают разделять интерфейс и логику программы. Среди свойств (классификационных признаков) интерфейсов пользователя можно отметить:

- 1) технику взаимодействия (англ. *interaction style*) [162, с.69] – например, командный язык, диалоговый режим, выбор пунктов меню, прямая манипуляция объектами, естественный язык и др.;
- 2) используемые при взаимодействии органы чувств человека – зрение, слух, осязание, а также движения, голос, жесты и т.д.;
- 3) используемые при вводе и выводе элементы – символы, текст, графика, звуки;
- 4) применяемые интерфейсные устройства – например, сенсорный экран, совмещающий ввод и вывод;
- 5) степень персонификации и интеллектуальности;
- 6) степень косвенности взаимодействия – например, в интерфейсах, не предусматривающих прямой ввод, а получающих информацию о состоянии или целях пользователя с использованием сенсоров.

С 1980-х годов (см. историю появления в [114]) и по настоящее время наиболее популярным остаётся так называемый графический интерфейс пользователя (англ. *Graphic User Interface*), который, как правило: предусматривает прямую манипуляцию объектами и использование меню; задействует зрение, слух и движение верхних конечностей человека; широко использует графические элементы (окна, кнопки, вкладки и т.д.); позволяет применять такие устройства как монитор, мышь, сенсорный экран, клавиатура и др.; имеет слабо выраженную интеллектуальность и направлен на прямое взаимодействие. Новизной графического интерфейса является веб-интерфейс, основной особенностью которого является то, что он работает в специальной программе, «браузере» (англ. *browser*), функционирующей на компьютере пользователя, в то время как данные и логика веб-приложения размещаются на удалённом веб-

сервере. Вследствие этого, веб-интерфейсам исторически были свойственны ограниченность графических элементов (поскольку их перечень определялся стандартами языка HTML) и невозможность прямой манипуляции объектами, а также зависимость от пропускной способности канала связи с веб-сервером. Однако в настоящее время, по мере развития и распространения таких технологий как *Java*, *Flash*, DHTML и т.д., позволяющих создание фактически полноценных графических интерфейсов, а также повышения пропускной способности интернет-каналов, отличия веб-интерфейсов в определенной степени нивелировались.

Одной из основных целей ЧКВ как научного и практического направления является повышение качества интерфейсов пользователя – важной составляющей качества программного продукта в целом. Следует отметить, что стандарты, описывающие общие показатели качества программных средств, как правило, явно не выделяют характеристики, связанные с качеством пользовательского интерфейса, в отдельную категорию. Так, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 «Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению» [15], выделяет категорию «практичность» (англ. *usability*) как «набор атрибутов, относящихся к объему работ, требуемых для использования... определенным или предполагаемым кругом пользователей», не упоминая явно интерфейс или взаимодействие. Часть 4 международного стандарта ISO/IEC TR 9126, непосредственно посвященная качеству использования (англ. *quality in use*) программных продуктов, приводит следующий набор характеристик: эффективность (англ. *effectiveness*), производительность (англ. *productivity*), безопасность (англ. *safety*) и удовлетворенность пользователя (англ. *satisfaction*) [106]. Ведущий эксперт в сфере ЧКВ, Якоб Нильсен, приводит следующие пять качественных характеристик «юзабилити» (удобства использования) интерфейса [162, с. 26; 159]:

1) изучаемость (англ. *learnability*) – насколько легко пользователь может начать работать с системой, увидев её в первый раз;

2) эффективность (англ. *efficiency*) – насколько работа с системой является быстрой (производительной), когда пользователь её освоил;

3) запоминаемость (англ. *memorability*) – насколько пользователю легко вернуться к эффективной работе с системой после длительного перерыва;

4) ошибки (англ. *errors*) – уровень ошибок при работе с системой, степень их серьезности и легкость их исправления;

5) удовлетворенность (англ. *satisfaction*) – насколько приятно для пользователей пользоваться системой.

Количественное измерение изучаемости и запоминаемости системы на практике производится редко, поскольку является наиболее сложным; к тому же данные характеристики актуальны не для всех программных продуктов – так, большинство веб-приложений не будут специально изучаться пользователем и могут даже никогда не использоваться им повторно. Таким образом, из всего обширного множества количественных показателей степени юзабилити интерфейса (см. [162, с.194; 17, с.70]), рекомендуется использовать следующие [148]:

1) процент успешного выполнения задач пользователем (англ. *success rate*);

2) затраченное на выполнение задач время (англ. *performance time*);

3) уровень ошибок, допускаемых в процессе выполнения (англ. *error rate*);

4) субъективная удовлетворенность пользователя (англ. *subjective satisfaction*).

Данный набор показателей является широко распространенным для описания качества интерфейса пользователя (см. стандарт ISO/IEC 25062:2006 [105], [197], [181]) и именно на нём мы будем базироваться в своей работе. Следует отметить, что обеспечение качества взаимодействия, несмотря на относительную доступность и эффективность соответствующих методов, не является тривиальной задачей. Даже при наличии в команде разработчиков квали-

фицированных специалистов в данной области, они могут затрачивать существенное время на выполнение своих функций, особенно в случае, если целевой аудиторией для разрабатываемой программной системы являются особые категории пользователей (характеристики которых отличаются от характеристик проектировщиков), если представители будущих пользователей недоступны для команды разработчиков (что может иметь место при разработке веб-приложений) и т.д. Таким образом, целесообразным может быть использование программных средств, способных осуществлять поддержку проектирования ЧКВ на различных стадиях процесса разработки ПО, и краткий обзор таких инструментов и подходов к их построению мы приводим далее.

### ***1.3 Инструментальная поддержка проектирования ЧКВ***

Известно, что при создании программных систем наиболее дорогостоящим является исправление ошибок, допущенных на начальных стадиях процесса, – так, считается, что если ошибка произошла при анализе требований, то стоимость её устранения к этапу тестирования возрастёт в 10 раз, а после внедрения – до 100 раз [124]. Не является исключением и проектирование ЧКВ [162, с.71] – применение соответствующих методов на ранних стадиях процесса разработки позволяет достигать до 10 раз большего улучшения показателей качества интерфейса, чем на поздних стадиях (т.е. тестирования и внедрения) [141, 87]. Соответственно, среди инструментов, предназначенных для поддержки создания человеко-машинных интерфейсов, более эффективными представляются те, которые основной акцент делают на стадиях анализа требований и проектирования (как, например, [34]).

#### **1.3.1 Универсальные и специализированные редакторы**

Существующие на настоящий момент в сфере создания ПО универсальные инструменты предоставляют некоторые возможности по анализу и форма-

лизации требований, существенных для проектирования ЧКВ, – например, посредством поддержки нотации UML, которая может использоваться для записи прецедентов использования. В качестве примера таких инструментов можно привести IBM Rational RequisitePro или CaseComplete, которые, впрочем, напрямую не поддерживают исследование взаимодействия будущего пользователя с программным продуктом или анализ требований, относящихся к показателям качества интерфейса. Используемые при создании ПО готовые компоненты, библиотеки, а для веб-приложений – и системы управления содержимым (англ. *CMS*, см. обзор в [88]), направлены в основном на удовлетворение функциональных требований, затрагивая реализацию пользовательского интерфейса лишь в минимальной степени.

Среди инструментов, непосредственно поддерживающих создание проекта интерфейса или его прототипа, можно отметить графические редакторы (универсальные, как Adobe Photoshop, или специализированные, как Balsamiq Mockups), средства создания интерактивных приложений (в первую очередь, Adobe Flash), а также HTML-редакторы, предоставляющие пользователю возможности визуального редактирования веб-страницы и её элементов (например, Adobe Dreamweaver и MS Expression Web). Подобные инструменты, воплощающие методы высокоуровневого проектирования интерфейсов и способные существенно снизить трудоемкость разработки визуального компонента интерфейса, относят к так называемой дизайнерской парадигме [16]. Однако средства, созданные в русле данного подхода, способны лишь фиксировать задуманный разработчиком проект – они не содержат знаний о принципах проектирования взаимодействия, которые могли бы применяться для поддержки принятия обоснованных проектных решений. В последующих разделах нашей работы приведён обзор такого экспертного знания, существующего в сфере ЧКВ, и способов его организации с использованием методов инженерии знаний.

### 1.3.2 Экспертные знания в сфере ЧКВ

На настоящий момент, знания, накопленные в сфере ЧКВ и применяемые для проектирования взаимодействия, можно условно разделить на три группы:

1. Законы – высокоуровневые теоретические построения, описывающие какие-либо существенные аспекты во взаимодействии или его участников.

2. «Принципы» (англ. *principles*) – более или менее универсальные правила, касающиеся решений, принимаемых при проектировании интерфейсов, или процесса проектирования в целом;

3. Рекомендации (англ. *guidelines*) – практические советы или напоминания, в основном направленные на разрешение конкретных затруднений, которые могут возникать при проектировании, или на предотвращение потенциальных ошибок.

Законы в сфере ЧКВ чаще описывают человека, чем компьютер, базируясь на выявленных объективных физических и когнитивных возможностях человека, и значительная их часть возникла в таких смежных научных направлениях как когнитивная психология или бихевиоризм. Так, можно отметить группу теоретических построений, моделирующих на качественном уровне обработку информации человеком (англ. *Human Information Processing Model*), – как правило, эти модели включают в себя стадии обработки, различные уровни человеческой памяти и т.д. (обзор дан, например, в [99]). Другая широко распространенная высокоуровневая качественная модель, которая была предложена и развита известным исследователем Дональдом Норманом, носит название «этапы действия» (англ. *Stages of Actions Model*) и описывает этапы, на которые разбивается взаимодействие пользователя с системой [169].

Среди количественных законов можно отметить время реакции человека, исследования которого показывают, что действие, совершаемое компьютерной системой за 0,1 секунды и менее, воспринимается пользователем как «немедленное» [154]. Другой пример – ограниченность кратковременной памяти человека, которая приводит к известному правилу о том, что средний пользователь

может одновременно держать в ней не более 7 квантов информации, причём они пропадают из памяти в течение примерно 20 секунд [153]. В целом, число количественных законов в сфере ЧКВ относительно невелико, а наиболее фундаментальными из них являются так называемые законы Фиттса и Хика, подробное описание которых приведено в главе 3. Необходимо отметить, что законы не всегда с легкостью могут быть соотнесены с контекстом конкретных задач, возникающих на практике, и требуют высокой квалификации от специалиста-проектировщика – владения исследовательской терминологией сферы ЧКВ, понимания методов обработки данных и т.д.

Знания следующего уровня, «принципы», могут формулироваться как на основе законов, так и исходя из практического опыта, и даже посредством умозрительного подхода. Они имеют более практичный и рекомендательный характер, чем законы, но, как правило, не зависят от контекста конкретного проекта по разработке интерфейса и не привязаны к определенным характеристикам пользователей. В качестве примера можно привести правила, сформулированные в [187]: «как можно меньше загружать кратковременную память пользователя», «предусматривать возможность отмены действий» и т.п. Крупнейшие ИТ-компании мира также разработали наборы подобных принципов, причём они как рекомендуются сторонним разработчикам и широкой публике, так используются как в собственных проектах компаний: IBM [101], Apple [47], Microsoft [126]; существуют и аналогичные правила для Unix-систем [177]. Кроме того, принципы организации взаимодействия были зафиксированы и на уровне стандартов: ISO 9241-110:2006 «Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 110. Принципы организации диалога» [104] (русская версия данного стандарта, ГОСТ Р ИСО 9241-110-2009, вступила в действие в декабре 2010 г.).

Наконец, рекомендации в сфере ЧКВ – знание наиболее конкретного и практического характера, во многих случаях следующее из законов, принципов или эмпирических исследований, но учитывающее контекст проектируемого



взаимодействия (например, назначение и тип разрабатываемой программной системы, индивидуальные характеристики пользователей и т.д.) и стоящую перед проектировщиком задачу (например, привлечение внимания пользователя к сообщению об ошибке системы) [200, с.81]. Так, например, влиятельная организация в сфере проектирования юзабилити, Nielsen Norman Group, публикует наборы рекомендаций, сформулированных по результатам исследований интерфейсов систем различного назначения: средств электронной коммерции, корпоративных порталов, мобильных устройств, или же различных категорий пользователей: детей, подростков, пожилых людей, инвалидов [165]. Некоторые наборы рекомендаций принимают, фактически, форму стандартов – как, например, рекомендации по обеспечению доступности, опубликованные *World Wide Web Consortium (W3C)* (организацией, разрабатывающей и внедряющей технологические стандарты для сети Интернет) [207] или рекомендации в сфере проектирования веб-интерфейсов от Департамента здравоохранения и социальных служб США (англ. *U.S. Department of Health and Human Services*) [196].

Рекомендации являются наиболее используемым на практике и самым обширным из уровней знания в сфере ЧКВ, но не все они имеют теоретическую основу, могут дублироваться, противоречить друг другу, не полностью учитывать контекст взаимодействия, или же иметь плохую организацию [94]. Например, интернет-сайт, посвященный упомянутым выше рекомендациям Департамента здравоохранения и социальных служб США [196], предоставлял лишь возможности сортировки по названию и сравнительной важности рекомендаций, общее количество которых превышает 200. Причиной дублирований или расхождений в рекомендациях часто является отсутствие координации между различными исследовательскими или профессиональными сообществами, занимающимися аналогичными или смежными тематиками, – так, D. Sloan в своей статье [189] отмечает независимое функционирование групп, разрабатывающих рекомендации для пожилых людей и для пользователей с ослабленным зрением, ухудшенной координацией движений и т.п.

Некоторые исследователи и специалисты выделяют так называемые шаблоны проектирования (англ. *design patterns*) – проверенные решения для типовых ситуаций, возникающих при создании программного обеспечения, проектировании ЧКВ и т.д. [65, с.360] – как еще более практический уровень знания по сравнению с рекомендациями (примерами могут служить: <http://weli.com/>, <http://developer.yahoo.com/ypatterns/>, <http://www.hcipatterns.org/>). В то же время, А. Dearden, проводя подробный обзор по данной тематике, фактически констатирует, что отличие шаблонов проектирования от рекомендаций определить затруднительно. По его словам, шаблоны могут соответствовать как более абстрактному, так и более конкретному уровню типовой ситуации (контексту); дополнительно к этому отличие может заключаться в степени практичности примеров, обосновании и организации, включая ссылки на другие шаблоны [76, с. 68-69]. На наш взгляд, такие различия не являются достаточно существенными и однозначными, поэтому в нашей работе мы будем полагать организованные наборы рекомендации и шаблонов проектирования в сфере ЧКВ синонимами.

Как рекомендации [200, с. 82], так и шаблоны проектирования [65, с.365-367] могут применяться на всём протяжении процесса проектирования ЧКВ, однако исследователи отмечают определённые барьеры для их использования на практике, а именно [200, с. 98]:

1. Значительное количество рекомендаций при недостатке средств их организации (в среднем затраты времени на применение одной рекомендации составляли 15 минут).
2. Сложность интерпретации (проектировщики испытывали сложности с интерпретацией 30% найденных рекомендаций).
3. Пониженная применимость в связи с оторванностью рекомендаций от контекста проектирования.

То, что организация рекомендаций для их более эффективного применения на практике является актуальным направлением в ЧКВ, отмечается и в

упомянутом ранее обширном исследовании А. Dearden [76, с. 87]. Предполагается, что такая организация должна включать в себя [81]:

- 1) таксономию набора рекомендаций, позволяющую найти соответствующие контексту рекомендации;
- 2) связи между рекомендациями, относящимися к различным уровням задачи, и с обоснованиями рекомендации;
- 3) возможность оценки применимости рекомендаций при разрешении обозначенных проблем;
- 4) возможность создания (порождения) новых рекомендаций.

Исходя из этого, можно прийти к заключению, что для снижения трудоемкости и сложности применения рекомендаций, лучшего их соотнесения с контекстом проектирования, а также более корректной интерпретации, целесообразно использование методов и средств инженерии знаний – одного из основных направлений в области искусственного интеллекта (англ. *artificial intelligence*).

### 1.3.3 Инженерия знаний и интеллектуальные системы

Под инженерией знаний (англ. *knowledge engineering*) в настоящий момент понимается создание, поддержание и развитие систем, основанных на знаниях (СОЗ) [111]. Как правило, подобные системы способны хранить знания, осуществлять рассуждение на основе правил вывода и пояснять получаемые результаты, а также производить самообучение. Современные интеллектуальные системы (ИС) – системы, способные решать задачи в некоторой предметной области, традиционно считающиеся творческими [2] (см. также классификацию ИС в [11, с.41]), – как правило, являются СОЗ, хотя иногда различие между этими двумя типами систем фактически не проводится (см. [45]). Основными компонентами СОЗ являются база знаний (БЗ) и «решатель» или «механизм вывода»; в некоторых случаях в качестве важных составляющих системы упоминаются также интеллектуальный интерфейс пользователя [2], подсистемы

тема объяснений и интеллектуальный редактор БЗ [11, с.40]. Прикладные ИС, моделирующие действия специалистов-экспертов при разрешении проблемных ситуаций в некоторой предметной области, называют ещё экспертными системами (ИС).

Под базой знаний при создании ИС понимается организованная совокупность знаний некоторой предметной области, размещаемая на машинном носителе ([11, с.40]). Большинство БЗ являются открытыми (нежели замкнутыми) [2], т.е. в процессе их функционирования содержимое модифицируется за счёт добавления, изменения или удаления знаний, для чего и может использоваться специальный компонент ИС – интеллектуальный редактор БЗ [11, с.40]. Решатель или механизм (машина) вывода в случае продукционных систем – один из основных блоков ИС, предназначенный для нахождения решения задач, стоящих перед системой, на основе существующих в ней знаний. Решатель выполняет две основные функции: 1) обработка существующих фактов и правил из БЗ с добавлением по мере возможности новых фактов; 2) определение порядка обработки и применения правил. Он также сохраняет промежуточную информацию для объяснения пользователю хода решения задачи и определяет, когда у пользователя должна быть запрошена дополнительная информация, если существующей недостаточно для дальнейшего вывода [11, с.26]. Схема работы механизма вывода для наиболее распространенной модели представления знаний, продукционной, описана, например, в [11, с.26-30]. Интерфейс пользователя ИС обеспечивает диалог как при вводе информации в систему, так и на стадии получения результатов, а также взаимодействие с подсистемой объяснений, позволяющей пользователю узнать, как система пришла к итоговому решению, какие факты и правила использовались в ходе вывода [11, с.40].

Активная разработка прикладных интеллектуальных систем шла начиная с 1980-х годов, и с тех пор были созданы экспертные системы (ИС, направленные на тиражирование опыта высококвалифицированных специалистов) в таких предметных областях как биология и медицина, лингвистика и образова-

ние, производство и дефектоскопия, бизнес и управление и т.д. [11, с.13, с.26-37]. Считается, что области, в которых создание экспертных систем является целесообразным, должны обладать следующими характеристиками [11, с.36]:

1. Нехватка специалистов или необходимость задействования нескольких специалистов для решения даже небольшой задачи, поскольку ни один из них в отдельности не обладает достаточным знанием.

2. Задачи в предметной области требуют полного анализа сложного набора условий, ведущего к существенным временным затратам и снижению производительности.

3. Задачи в предметной области являются узкоспециализированными (не решаются исходя из общих знаний и соображений здравого смысла) и умеренно сложными – так, что продолжительность их решения экспертом варьируется от трех часов до трех недель.

4. Значительное расхождение между решениями высококвалифицированных и низко квалифицированных специалистов, причём качество решений даёт существенное конкурентное преимущество.

#### **1.3.4 Инструменты для организации рекомендаций**

Многие из существующих интеллектуальных систем в сфере поддержки проектирования ЧКВ направлены на организацию рекомендаций (англ. *Tools for Working with Guidelines*) и шаблонов проектирования (англ. *Pattern Languages*). Так, еще в 2000 г. проводилась специальная конференция *Special Interest Group Tools for Working With Guidelines*, посвященная такому типу ИС (см. [201]). Среди значимых работ в данной области можно отметить публикации J. Vanderdonckt и его соавторов, которые наметили основные направления развития подобных систем в [200], а затем предложили конкретную реализацию в [85]. На настоящий момент эти наработки нашли своё воплощение в системе MetroWeb, подробное описание которой приводится в [71], причём в этой же публикации на экспериментальных данных показан и положительный эффект

от использования такой ИС в ходе проектирования ЧКВ, хотя отмечается, что проектировщики неактивно прибегали к поддержке системы. Среди причин этого нам видится то, что вышеупомянутая система затрагивает в основном задачи пользователя, не делая акцента на учёте характеристик различных категорий пользователей; кроме того, исходя из своего назначения, ИС, направленная на организацию рекомендаций, не охватывает весь процесс проектирования ЧКВ, вынуждая проектировщиков переключаться между различными инструментами.

Представители класса ИС, организующих шаблоны проектирования, по сути, являются весьма схожими с системами, описанными выше, обладая и схожими недостатками. Так, в работах [93] и [94] описывается создание ИС на основе онтологического подхода, причём решатель, интерфейс пользователя и подсистема объяснений объединены в компоненте под названием BORE, разработка которого началась ещё в 1997 г. В онтологии, созданной для этой ИС, построена мета-модель для шаблонов проектирования с заданием типичных свойств и связей, реализующих жёсткие отношения («требуется», «является альтернативой», «конфликтует с»), которые нам представляются не вполне применимыми для данной предметной области. Возможно, что это, в совокупности с перечисленными ранее недостатками, является одной из причин, по которой BORE на настоящее время не получил распространения среди специалистов-проектировщиков ЧКВ и перестал упоминаться в научных публикациях.

Подробный обзор подобных систем в сфере ЧКВ проведён в работе [76], где констатируется, что нет достаточного количества свидетельств, что существующие ИС дают практический эффект при проектировании взаимодействия. В качестве недостатков существующих систем можно отметить то, что они:

- 1) в основном фокусируются на организации рекомендаций, не поддерживая процесс разработки ПО в целом и не стимулируя интеграцию проектирования ЧКВ в этот процесс;

2) в недостаточной степени рассматривают характеристики целевых пользователей и учитывают их в контексте проектирования;

3) в недостаточной степени рассматривают характеристики интерфейса, не поддерживают процесс оценки качества проекта интерфейса;

4) реализуют жёсткие отношения между различными рекомендациями (шаблонами проектирования), которые представляются не вполне адекватными для данной слабо формализуемой сферы;

5) не имеют существенного использования в практической деятельности, что делает невозможным получение обратной связи относительно применимости представленных в системе знаний и их сравнительной значимости.

Тем не менее, создание таких инструментов признаётся актуальным направлением, причём отмечается, что главной идеей должна являться не автоматизация применения шаблонов проектирования, а интеллектуальная организация знаний, за счёт использования которых проектировщики смогут достичь более высокого уровня профессиональной компетенции (см. [76, с. 87], [93, с. 53]).

### **1.3.5 Моделеориентированные средства автоматизации**

Еще одна группа инструментов (большинство из которых также являются системами, основанными на знаниях) – программные средства, автоматизирующие создание интерфейса или его валидацию на основе модели интерфейса (моделеориентированная парадигма). Большинство таких систем имеют целями снижение сложности (трудоемкости) создания и поддержки пользовательских интерфейсов или обеспечение автоматической адаптации программных продуктов под особенности различных платформ. При этом общим их принципом работы является создание модели интерфейса (англ. *Abstract User Interface*), которая может включать в себя декларативную модель информации, обрабатываемой при взаимодействии, принципы соотнесения элементов интерфейса и т.д. В большинстве случаев модель интерфейса задаётся непосредственно, хотя

некоторые системы выводят её из существующего программного кода (например, Mickey, HUMANOID), модели базы данных (GENIUS) или высокоуровневых задач пользователя. На основе модели может генерироваться логическое представление интерфейса (независимое от языка или платформы), а затем – непосредственно программный код (хотя в некоторых случаях предполагается наличие внешнего по отношению к системе генератора кода), причём генерация может основываться на правилах базы знаний или на оптимизации каких-либо характеристик интерфейса или прогнозируемых критериев качества [86, С. 3-4].

Так, система, разработанная в ИАПУ ДВО РАН коллективом под руководством В.В. Грибовой и А.С. Клещева, позволяет фиксировать решения на этапе проектирования, проводить автоматическую оценку качества интерфейса и т.д. [16]. Система базируется на онтологическом подходе, что подразумевает выделение системы понятий, относящихся к пользовательскому интерфейсу (задач пользователя, сценариев диалога, представления информации и др.), построение модели интерфейса в терминах понятий и автоматическое преобразование её в программный код. При этом для обеспечения качества интерфейса используется база метрик юзабилити (в терминах нашей работы – количественно выражаемых рекомендаций по проектированию), также сопровождаемая онтологией их описания и специализированным языком для задания алгоритмов вычисления метрик.

Существуют также решения, способные автоматически генерировать интерфейсы для относительно простых классов задач или для особых условий взаимодействия. Так, применение системы PUC, предназначенной для создания стандартизованных интерфейсов для управления различной бытовой техникой, позволило увеличить показатели качества взаимодействия в 2-4 раза [134, с. 185]. При этом язык, специально разработанный для описания моделей интерфейсов, был упрощён исходя из особенностей решаемой задачи – например, он не включает в себя возможность описания задач пользователя, т.к. бытовые устройства, как правило, не подразумевают сложного многошагового взаимодей-



ствия. Алгоритм генерации программного кода основывается, в частности, на эвристических правилах, обеспечивающих стандартизацию внешнего вида создаваемых интерфейсов, и на онтологическом механизме описания семантической идентичности терминов, применяемых в спецификациях различных бытовых устройств.

Система SUPPLE, практическая применимость которой была продемонстрирована в 2010 г., создаёт альтернативные интерфейсы для пользователей, чьи потребности не были учтены в основном интерфейсе продукта или устройства, повышая эффективность их работы в среднем на 62% [86, с. 45]. Авторы системы отмечают, что она наиболее приспособлена для создания стандартных интерфейсов на основе диалоговых окон, поскольку для них существует проработанный словарь, описывающий возможные элементы взаимодействия. При этом генерация интерфейса рассматривается как задача дискретной оптимизации, а входными данными являются функциональное описание интерфейса, модель возможностей и ограничений платформы, модель использования интерфейса и целевая функция, включающая параметризованные показатели качества. Данная целевая функция в основном охватывает физические параметры взаимодействия (например, время движения между элементами интерфейса, их размер), однако примечательно, что она может учитывать особенности использования интерфейса конкретной категорией пользователей (например, людьми с нарушениями моторных способностей).

Отмечается, что принципиальным ограничением на пути модели ориентированной парадигмы автоматизации создания интерфейсов является необходимость предварительного задания подробной модели взаимодействия – задач пользователя, обрабатываемых данных и т.д. [134, с. 178; 86, с. 44]. В случае, если результатом должен являться сложный интерфейс с высоким уровнем детализации, трудоемкость задания входных параметров для его генерации может превысить затраты на его проектирование обычными методами. Для преодоления этого ограничения предлагаются подходы к автоматизированному построе-

нию модели интерфейса на основе некоторой входной информации или анализа данных о реальном использовании интерфейсов, а также сужение класса рассматриваемых продуктов (в системе PUC – бытовая техника) или пользователей (в системе SUPPLE – люди с ограниченными возможностями).

На практике использование систем автоматической генерации кода интерфейса также затруднено, поскольку в большинстве программных продуктов он не полностью отделяется от бизнес-логики и алгоритмов работы [86, с. 44]. Веб-приложения являются исключением, т.к. использование языка HTML предполагает разделение представления и обработки информации, однако его же принципиальная особенность заключается в том, что HTML-интерфейсы по-разному отображаются у различных пользователей (в зависимости от параметров экрана, используемого интернет-браузера и т.п.). Это снижает эффективность генерации интерфейса на основе оптимизации его физических характеристик (например, в SUPPLE – расстояния между элементами интерфейса и их размера). Кроме того, параметризация целевой функции является нетривиальной задачей для взаимосвязанных показателей качества, большинство из которых в веб-приложениях к тому же относятся скорее к когнитивному аспекту взаимодействия. Например, сравнительная важность минимизации объема текста на веб-странице по сравнению с минимизацией количества кликов для перехода между страницами может зависеть от целевого назначения веб-приложения, характеристик пользователей и т.д.

В целом, признаётся, что автоматически сгенерированные интерфейсы качественно уступают решениям, создаваемым экспертами (проектировщиками), в том числе по показателю эстетического восприятия, поэтому они предназначены скорее для охвата тех категории пользователей, которые не получили бы специально адаптированного для них экспертного решения (например, вследствие экономической нецелесообразности) [86, С. 2-3]. В нашей работе предлагается совмещение методов организации экспертных знаний и основных принципов модели ориентированного подхода для реализации интеллектуаль-

ной системы поддержки проектирования взаимодействия, позволяющей как сохранить творческую составляющую в деятельности проектировщика интерфейсов, так и повысить эффективность результатов его работы для всех категорий пользователей.

#### **1.4 Основные задачи диссертационной работы**

Обеспечение высокого уровня качества взаимодействия (юзабилити) требует интеграции проектирования ЧКВ в процесс разработки веб-приложений, систематического использования соответствующих методов и накопленных знаний [150]. При этом использование инструментов поддержки проектирования взаимодействия, осуществляющих автоматическую генерацию кода веб-интерфейсов, представляется недостаточно эффективным вследствие ряда особенностей веб-приложений: отсутствие полного контроля над представлением веб-интерфейса, важность когнитивного аспекта взаимодействия и эстетических характеристик, общая сложность параметризации качественных характеристик. В то же время, организация знаний для поддержки проектирования взаимодействия в существующих экспертных системах представляется недостаточной, что, в частности, приводит к существенным временным затратам на соотнесение практических рекомендаций и шаблонов проектирования с контекстом проекта, затрудняет их корректную интерпретацию и т.д.

Таким образом, для эффективной поддержки проектирования ЧКВ для веб-приложений предлагается создание ИС, совмещающей данные подходы, т.е. в которой проектные решения принимаются пользователем системы (проектировщиком интерфейсов), на основе предоставляемой системой выходной информации. При этом система подразумевает не непосредственное задание модели интерфейса, а вывод её на базе онтологического подхода из входной информации – характеристик целевых пользователей веб-приложения и требований к нему. Построение модели (логического представления интерфейса) и генерация кода осуществляется на основе правил вывода, а не оптимизации, а

итоговый веб-интерфейс является прототипом с гибкими физическими характеристиками. Система имеет средства для автоматизированного определения сравнительной значимости экспертных знаний на основе показателей качества созданных веб-интерфейсов, валидация которых может производиться с использованием методов проектирования юзабилити. Безусловно, такая система должна не заменять, а дополнять применение общепризнанных методов, используемых при проектировании взаимодействия. Тем не менее, предполагается, что она была бы способна снизить требования к квалификации разработчиков, уменьшить время разработки и вероятность возникновения грубых ошибок при проектировании ЧКВ на начальных этапах процесса создания веб-приложений, обеспечивая в результате приемлемый уровень качества веб-интерфейса.

Итак, с учётом анализа существующих подходов и инструментальных средств, в нашей работе была поставлена задача разработки ИС, поддерживающей проектирование ЧКВ для веб-приложений и построенной на следующих принципах:

- 1) максимально полный охват стадий процесса разработки: анализа требований, проектирования и тестирования (оценки качества) интерфейса;
- 2) акцент на поддержке принятия решений, осуществляемого на основе экспертных знаний и автоматически создаваемого прототипа интерфейса;
- 3) учёт контекста проектируемого взаимодействия (в первую очередь, характеристик целевых пользователей программного продукта), а также возможность перехода по ассоциативным связям между практическим знанием (рекомендациями) и соответствующим теоретическим обоснованием (законы, принципы);
- 4) вместо вручную устанавливаемых отношений между элементами поля знаний, такими как «противоречит», «дублирует» и т.п., – «эволюционное» определение системой эффективности тех или иных рекомендаций и их отношений с аналогами или альтернативами;

5) возможность хранения и учёта оценок качества выдаваемых системой решений, представленных в виде прототипов веб-интерфейсов, – т.е. результатов взаимодействия пользователей с созданными при поддержке системы веб-приложениями;

6) использование системы максимально широким кругом проектировщиков (посредством онлайн-доступа), имеющих возможность оценивать применимость содержащихся в системе знаний и повышать, тем самым, их качество.

В рамках создания ИС, в диссертационной работе выполняются задачи по разработке архитектуры системы, выбору адекватных ей моделей и средств представления знаний – предлагается гибридная модель, совмещающая фреймовую онтологию и продукционный компонент. Исходя из задач системы, осуществляется непосредственное построение онтологии предметной области проектирования ЧКВ в веб-приложениях, включающей, в частности, выявленные значимые для проектирования характеристики целевых пользователей. На основе онтологии строится БЗ интеллектуальной системы, которая дополняется набором правил вывода и интеллектуальным интерфейсом пользователя, что в совокупности составляет «портал знаний», опубликованный в сети Интернет. В работе также приводится пример поэтапной работы системы при реализации одного из проектов и оценивается качество полученного решения.

## **Глава 2. Модели представления знаний и проектирование ИС**

При создании интеллектуальной системы, как правило, сначала производится разработка прототипа (или нескольких прототипов) будущей системы, основное назначение которого заключается в оценке применимости выбранных методов инженерии знаний для решения обозначенных задач предметной области. Объем прототипа обычно составляет несколько десятков фреймов, правил или примеров, однако с демонстрационным прототипом уже могут работать не только члены коллектива разработчиков, но и пользователь, поскольку на этой стадии система способна решать часть реальных задач. В некоторых случаях в ходе дальнейшего создания ИС прототип может отбрасываться, но чаще демонстрационный прототип развивается в промышленную систему, прежде всего посредством расширения БЗ и разработки интерфейса пользователя [11, с.52-56].

Идентификация проблемы, включающая в себя определение цели создаваемой ИС и решаемых ей задач, изучение существующих аналогичных систем и источников знаний, была проведена в главе 1 нашей работы. Глава 2 посвящена детальному проектированию архитектуры ИС, разработке гибридной модели представления знаний для ИС и построению онтологии предметной области поддержки проектирования ЧКВ в веб-приложениях. Полученные результаты отражены в публикациях [61, 55, 60, 5].

### **2.1 Архитектура ИС, входная и выходная информация**

Разрабатываемая ИС предназначена для поддержки проектирования ЧКВ, в первую очередь на ранних стадиях процесса разработки веб-приложений. Таким образом, система основывается на знаниях таких пересекающихся предметных областей как ЧКВ, проектирование интерфейсов, графический дизайн, проектирование юзабилити и т.д. Окончательные решения относительно проек-

та интерфейса принимаются специалистом, использующим систему (проектировщиком интерфейсов), основное назначение которой заключается в интеллектуальной организации знаний предметной области, обеспечиваемой прежде всего посредством соотнесения практических знаний с контекстом проектируемого взаимодействия, который определяется характеристиками пользователей и требованиями к программному продукту. Основным компонентом выходной информации ИС является упорядоченный (по сравнительной эффективности применения, по релевантности контексту проектируемого взаимодействия) набор рекомендаций на естественном языке.

По сравнению с относительно ограниченным множеством характеристик целевых пользователей, среди которых возможно выделение наиболее значимых, исследование и формализация их эффекта и т.д., набор требований к веб-приложению, очевидно, может включать потенциально бесконечное количество вариаций. В качестве решения проблемы обработки требований к веб-приложению как входного компонента ИС предлагается анализ непосредственно их текста – тем более что документы, содержащие такую информацию, в любом случае создаются в ходе процесса разработки программного продукта. В этом случае удачным решением представляется включение в БЗ системы контролируемого словаря терминов предметной области, которые могли бы использоваться для анализа текстов, индексации рекомендаций и описания контекста проектирования.

Наличие в интеллектуальной системе контролируемого словаря позволяет описывать сложные объекты предметной области через сопоставление каждому из них перечня базовых терминов. Так, например, хранимой в БЗ системы рекомендации по проектированию со следующим текстом: «С логотипа сайта должна быть ссылка на главную страницу (кроме как на самой главной странице)», инженером по знаниям сопоставлены термины *Logo* («Логотип»), *Homepage* («Главная страница»), *Hyperlink* («Гиперссылка»). Контекст конкретного проекта описывается аналогичным образом, однако набор терминов

формируется интеллектуальной системой автоматически, исходя из характеристик целевого пользователя и требований, задаваемых в качестве входной информации. Сопоставляя два этих набора, система способна определить степень релевантности («близости») каждой из рекомендаций, к условиям конкретной задачи по проектированию взаимодействия. Каждая рекомендация, таким образом, оценивается как потенциальная составляющая «решения задачи» – выходного перечня рекомендаций.

Механизмом валидации и приобретения знаний для ИС является специальный веб-портал знаний, предоставляющий посетителям возможности по оценке применимости знаний, содержащихся в ИС, и полученных с использованием системы решений, а также реализующий интеллектуальный интерфейс пользователя (см. схожие подходы в [173], [18]). По мере практической валидации и накопления знаний степень их формализованности может увеличиваться, т.е. рекомендации из сферы ЧКВ, изначально представленные на естественном языке, могут преобразовываться в знания, представленные в виде формальных правил вывода продукционной модели. Таким образом, архитектура интеллектуальной системы поддержки проектирования ЧКВ для веб-приложений может быть представлена так, как показано на Рис. 2.1.

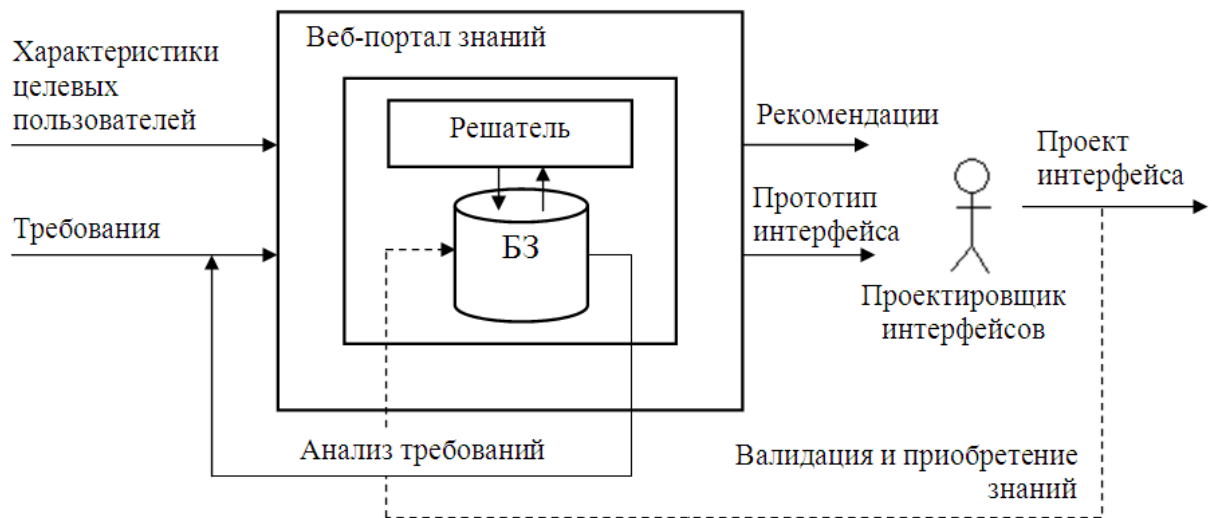


Рисунок 2.1. Архитектура интеллектуальной системы поддержки проектирования ЧКВ в веб-приложениях.



## **2.2 Модели представления знаний для ИС**

В данном разделе нашей работы рассматриваются модели представления знаний, с точки зрения их применимости для использования в ИС, исходя из целей системы и предложенной архитектуры. Ядром интеллектуальной системы являются база знаний и решатель, позволяющий на основе комбинирования входной информации и информации, представленной в базе знаний, получать выходную информацию с использованием механизмов вывода, соответствующих модели представления знаний. Для представления знаний была предложена гибридная модель, включающая фреймовую онтологию, максимально использующую возможности объектно-ориентированного подхода, а также продукционную модель, позволяющую формулировать знания в виде импликаций (правил «если-то»).

### **2.2.1 Онтологии в инженерии знаний**

Существуют различные модели представления знаний: формально-логическая, продукционная, фреймовая, семантическая сеть. Одним из современных средств представления знаний являются онтологии – формальные явные описания терминов предметной области и отношений между ними (определение дано согласно Т. Груберу, значимая работа которого [90] заложила принципы применения онтологий в области искусственного интеллекта). Под определение онтологии попадают многие модели представления знаний: фреймы, семантические сети, концептуальные карты и т.п. Для описания онтологий может в принципе быть использован и синтаксис логики предикатов (ее подмножество). Можно еще шире трактовать онтологию – например, как сценарий или процесс, как нечто структурирующее хаос.

Онтологии классифицируют по типу отношения, связывающего концепты: таксономия, партономия, генеалогия и т.п.; по цели создания: обучение, ме-

неджмент (см. например [39]), маркетинг, электронный бизнес, управление знаниями, и т.п.; по владельцу; по форме создания; языку описания и т.п. Кроме того, по степени зависимости от конкретной задачи или предметной области различают [13]:

- 1) онтологии верхнего уровня – описывающие наиболее общие концепты, независимые от конкретной проблемы или предметной области;
- 2) онтологии, ориентированные на предметную область – например, совместно используемые экспертами для аннотирования информации или согласования терминологии;
- 3) онтологии, ориентированные на задачу – как правило, используемые в программных продуктах при решении конкретных задач;
- 4) прикладные онтологии, описывающие концепты, связанные как с онтологией задачи, так и с онтологией предметной области.

Наиболее распространенной формой представления онтологии является графическая, причем в схемах онтологий принято соглашение помещать общие понятия (категории, классы) в верхней части, а более конкретные понятия (подкатегории, объекты, экземпляры) – под ними. Онтология, содержащая экземпляры классов, является базой знаний, однако на практике не всегда возможно провести точную границу между БЗ и онтологией [170]. Так, N. Guarino (один из основателей научной сферы применения онтологий в информатике) полагал, что онтология предметной области содержит условно-постоянную (англ. *state-independent*) информацию, в то время как БЗ – ещё и условно-переменную (англ. *state-dependent*) [91, с.10].

Разработка функциональной онтологии для сложной предметной области, как правило, является трудоемким и итеративным процессом, к тому же, вплоть до конца 1990-х годов отмечался недостаток проработанных методологий для создания онтологий [11, с.292]. Однако в течение 2000-х годов интерес к применению онтологий был значителен, как со стороны исследователей, так и специалистов, что нашло своё отражение, в частности, в методологии, предлагае-

мой Стэнфордским университетом (США). Данная методология создания онтологий на базе редактора фреймовых онтологий «Protégé-2000» была впервые опубликована в статье [170], которая на начало 2012 г., согласно статистике поискового сервиса Google Scholar, имеет около 2500 цитирований и широко применяется в практической деятельности (см., например, [208]). Другим свидетельством широкого использования онтологий для представления знаний в области ИИ является разработка средств для объединения онтологий и автоматизированного построения новых онтологий на основе уже существующих [46].

### **2.2.2 Фреймовая модель представления знаний**

Термин «фрейм», впервые введённый в области ИИ Марвином Минским [127], означает структуру знаний, моделирующую мышление человека и соответствующую абстрактному образу какого-либо объекта, явления, события, ситуации, процесса. Соответственно, различают такие виды фреймов как фреймы-структуры, фреймы-сценарии, фреймы-ситуации и т.д. Кроме того, по аналогии с объектным подходом, могут использоваться фреймы-прототипы, т.е. образцы, и фреймы-экземпляры, отражающие конкретную ситуацию или объект [11, с.24].

Характерной особенностью фреймовой модели является то, что первоначально слоты могут быть заполнены «заданиями отсутствия» – заранее заготовленными значениями, не обязательно имеющими место в конкретной ситуации. Следовательно, в составе фреймовой структуры фрейм содержит: имя фрейма, указатели наследования (если фреймовая структура является иерархической), слоты (с именами слотов), тип данных значения слотов и сами значения слотов (могут отсутствовать). В большинстве фреймовых структур значениями слотов могут выступать другие фреймы, реализовывая тем самым различные виды связей между понятиями, а в некоторых случаях – и присоединённые процедуры (англ. *procedural attachments*), реализующие процедурный компонент в представлении знаний.

Таким образом, среди достоинств фреймовой модели можно отметить:

- 1) гибкость модели, возможность учёта всевозможных ситуаций – в процессе приспособления начальной общей модели знаний к конкретной ситуации, может происходить постепенное заполнение задания отсутствия реальными сведениями;
- 2) соответствие фреймовой модели организации человеческой памяти, сочетаемость с текстологическими методами извлечения знаний [11, с.25, с.129-130];
- 3) возможность использования на базе фреймовой структуры объектного (объектно-ориентированного) подхода;
- 4) возможность сочетания во фреймовой модели декларативного и процедурного компонентов представления знаний.

Свойства и преимущества фреймовой модели делают её потенциально применимой в рамках разрабатываемой нами ИС поддержки проектирования ЧКВ – в частности, возможно использование фрейма-сценария для представления задачи организации взаимодействия пользователя с веб-приложением. Таким образом, в ходе работы ИС постепенно могут уточняться значимые атрибуты такого фрейма – требования к веб-приложению, характеристики целевого пользователя, набор рекомендаций, соответствующих контексту проекта и т.д.

### 2.2.3 Продукционная модель представления знаний

Продукционная модель является одним из самых распространённых средств представления знаний в ИС благодаря своей наглядности, модульности (как следствие – легкости внесения изменений и дополнений) и удобства для осуществления вывода [11, с.22]. В общем случае продукционную модель (Р) можно представить в следующем виде:

$$P = \langle S; L; A_p \rightarrow B_p; Q \rangle \quad (2.1)$$

где  $S$  – описание класса ситуаций;  $L$  – условие, при котором продукция активизируется;  $A_P \rightarrow B_P$  – ядро продукции;  $Q$  – постусловие продукционного правила.

Среди недостатков продукционной модели можно отметить:

1) простая структура конъюнктов, отсутствие отношений между ними, что приводит к малой пригодности модели для описания поля знаний сложной предметной области;

2) сложность учёта правил, которые могут начать противоречить друг другу, и управления очередностью их выполнения.

Для устранения этих недостатков возможно использование продукционной модели в симбиозе средств представления знаний, который в последнее время приобрёл популярность при формализации знаний [11, с.54]. В этом случае продукционная модель может входить в декларативный компонент представления знаний: фреймы будут задавать структуру поля знаний, а правила продукционной модели – использоваться для заполнения значениями фреймов-экземпляров. Необходимо отметить, при этом решатель, один из основных компонентов ИС, должен быть способен работать с такой гибридной моделью представления знаний, а также управлять очередностью выполнения правил.

#### **2.2.4 Синтез моделей представления знаний**

Изначальное определение онтологии, данное Т. Грубером, звучало как «явная (эксплицитная) спецификация концептуализации» [90]. При этом концептуализация понимается как  $\langle D, R \rangle$ , где  $D$  – домен,  $R$  – отношения на нём. Многие исследователи, включая N. Guarino, критиковали такое определение [91, с.5] и работали над его расширением. Так, поскольку среди задач разрабатываемой ИС есть обработка текстовых ресурсов, то онтология, лежащая в её основе, должна включать в себя словарь терминов, соответствующих предметной области, на одном или нескольких языках.

Формализм такого словаря в целом соответствует формализму онтологии, и их интеграция является прогрессивным методом при создании ИС, хотя применяются и альтернативные подходы, подразумевающие разделение словаря терминов и онтологии предметной области ([35], см. также обзор в [9]). Окончательный выбор подхода не в последнюю очередь зависит от требуемой глубины анализа текста, учёта контекста употребления терминов и их многозначности и т.д., но возможны и промежуточные решения. Так, при построении глобальной «лексической базы данных» под названием WordNet, «узлами» в тезаурусе выступили не отдельные термины, а так называемые синсеты – структуры данных, включающие в себя множество синонимичных терминов (один термин может входить в любое количество синсетов), схожий подход применён и в нашей работе. Формально построенную в нашей диссертации фреймовую онтологию можно представить следующим кортежем:

$$O_F = \langle C, R, S, G, T, D_S, D_G, E \rangle \quad (2.2)$$

где  $C = \{c_i \mid i = 1, \dots, n\}$  – конечное непустое множество фреймов-классов, описывающих понятия предметной области;

$R = \{r_i \mid i = 1, \dots, m\}$  – конечное множество бинарных отношений, заданных на классах,  $R \subseteq C \times C$ ,  $R = \{R_{ISA}\} \cup R_{ASS}$ , где  $R_{ISA}$  – антисимметричное, транзитивное, нереклексивное отношение иерархии «класс-подкласс», задающее частичный порядок на множестве классов;  $R_{ASS}$  – конечное множество ассоциативных отношений;

$S = \{s_i \mid i = 1, \dots, k\}$  – конечное множество слотов (атрибутов класса);

$G = \{gs_i \mid i = 1, \dots, l\}$  – конечное множество фасетов (атрибутов слота);

$E = \{e_i \mid i = 1, \dots, u\}$  – конечное множество экземпляров классов;

$T$  – конечное непустое множество, определяющее контролируемый словарь терминов предметной области, построенное на множестве базовых терминов

$B = \{b_i \mid i = 1, \dots, n\}$ , составляющих множество имен классов онтологии:

$$T = \bigcup_{i=1}^n T_i, T_i = \{b_i\} \cup Eq(b_i), \bigcap_{i=1}^n T_i = \emptyset;$$

$Eq(b_i)$  – множество синонимичных терминов, каждый из которых связан с базовым термином  $b_i \in B$ ,  $D_S$  – конечное множество типов слотов,  $D_G$  – конечное множество типов фасетов.

Структура фрейма-класса определяется следующим образом:

$$c = \langle Name_c, (isa \ c_{parent}), (s_1, s_2, \dots, s_{n(c)}) \rangle,$$

где  $c, c_{parent} \in C$  – классы онтологии, связанные отношением иерархии  $R_{ISA}$ ,  $s_i \in S$  – слоты фрейма,  $Name_c \in B$  – имя класса, являющееся базовым термином контролируемого словаря  $T$ . Иерархии фреймов-классов образуются посредством указания в подчиненном фрейме связи «isa» и имени фрейма-родителя  $c_{parent}$ .

Все множество классов  $C$  разбивается на два непересекающихся подмножества  $C = C_{abstract} \cup C_{concrete}$ . Для классов подмножества  $C_{concrete}$  возможно определять экземпляры класса (конкретные объекты)  $e \in E$ . Структура фрейма-экземпляра аналогична структуре класса  $c$ , для которого построен экземпляр:

$$e(c) = \langle Name_e, (s_1^e, s_2^e, \dots, s_{n(c)}^e) \rangle,$$

где  $s_1^e, s_2^e, \dots, s_{n(c)}^e$  – экземпляры слотов класса  $c$ , заполненные конкретными значениями атрибутов.

Определение ассоциативных отношений, составляющих множество  $R_{ASS}$ , осуществляется путем явного указания в качестве значения слота некоторого фрейма имени связанного с ним фрейма, а также типа связи, существующей между этими фреймами. Для реализации ассоциативных связей среди элементов множества типов слотов  $D_S$  кроме выделения подмножества стандартных типов (symbol, string, float, ...)  $D_{SS}$ , используются также типы  $D_{class}$  (тип «Класс») и  $D_{instance}$  (тип «Экземпляр»):

$$D_S = D_{SS} \cup \{D_{class}\} \cup \{D_{instance}\}.$$

Задание типов  $D_{class}$  и  $D_{instance}$  предполагает указание дополнительного аргумента – ассоциированного класса. Если один из слотов класса  $c_1$  имеет тип  $D_{instance}$  с ассоциированным классом  $c_2$ , то в качестве значений слота при создании экземпляров класса  $c_1$  могут быть использованы экземпляры классов множества  $Tr(c_2)$  – транзитивного замыкания  $c_2$  по отношению  $R_{ISA}$ , включающего класс  $c_2$  и все его подклассы ниже по иерархии:

$$Tr(c_2) = \{c_2\} \cup \{c_i \in C \mid \exists R_{ISA}(c_i, c_2)\}.$$

В этом случае классы  $c_1$  и  $c_2$  связаны ассоциативным отношением, т.е.  $\exists R_{ASS}(c_1, c_2)$ . Если один из слотов класса  $c_1$  имеет тип  $D_{class}$  с ассоциированным классом  $c_2$ , то в качестве значений слота при создании экземпляров класса  $c_1$  могут быть использованы классы множества  $Tr(c_2)$ . В этом случае классы  $c_1$  и  $c_2$  также связаны ассоциативным отношением, т.е.  $\exists R_{ASS}(c_1, c_2)$ . Таким образом, значением слота может становиться не только экземпляр ассоциированного класса, но и базовый термин, что может использоваться для описания сложных объектов предметной области терминами контролируемого словаря.

Структура фрейма-слота определяется следующим образом:

$$s_c = \langle Name_{s,c}, (gs_1, gs_2, \dots, gs_{k(s,c)}) \rangle,$$

где  $s_c \in S$  – слот класса  $c$ ,  $gs_i \in G$  – фасеты слота,  $Name_{s,c}$  – имя слота.

Особо можно подчеркнуть, что в построенной онтологической модели фреймами являются не только классы онтологии, но также и атрибуты классов, и отношения между ними. Такой подход можно считать развитием идеи атрибутивных отношений (т.е. обладающих набором собственных атрибутов, в отличие от обычных отношений, имеющих только название), позволяющих осуществлять более качественное моделирование предметных областей (см. [19]). Таким образом, описание различных типов отношений осуществляется путем явного указания в качестве значения слота некоторого фрейма имени связанного с ним фрейма, а также типа связи, существующей между этими фреймами – с фреймом-классом ( $D_{class}$ ) или с его фреймами-экземплярами ( $D_{instance}$ ). Если связь с  $D_{instance}$  является общеупотребимой при создании моделей данных – на-



пример, «многие-ко-многим» (слоты экземпляра *Рекомендация\_1* заполнены так, что она «имеет в качестве обоснования» *Источник\_1* и *Источник\_2*, а *Источник\_2* «обосновывает» также и *Рекомендацию\_2*), – то использование в качестве значений слота фреймов-классов предоставляет новые возможности в сочетании со словарём терминов. Поскольку каждый из фреймов-классов соответствует базовому термину, то набор таких терминов может использоваться для индексации сложных объектов предметной области (текстовых и не только) – подход, иногда называемый также «теговой классификацией».

Реализация вывода во фреймовой модели, связанная с эффектом передачи данных во фрейм или извлечения данных из него, предполагает, наряду с использованием наследования свойств от других фреймов, широкое применение процедурного подхода: через вызов функции, указанной в слоте, через присоединенную к слоту процедуру-демон, из диалога с пользователем, из базы данных и т.д. Таким образом, вывод на фреймах реализуется в общем случае специфично для каждой конкретной задачи. В работе рассматривается подход, при котором часть процедур системы реализуется с использованием продукционной модели, заменяя, таким образом, процедурный код декларативными утверждениями в виде правил «если-то».

Общая гибридная модель интеллектуальной системы может быть представлена следующим образом:

$$Model = \langle O_F, F, P, M \rangle, \quad (2.3)$$

где  $O_F$  – вышеописанная онтология (2.2),  $F$  – конечное множество фреймов-фактов, образуемых в процессе работы системы,  $P$  – конечное множество правил, описывающих в декларативном виде процедурный компонент системы,  $M$  – гибридный механизм вывода, объединяющий механизмы, действующие в различных компонентах системы.

Факты и правила являются компонентами, на основе которых строится работа механизма логического вывода продукционной модели. Факты имеют

структуру фреймов и формируются на основе конкретных классов и экземпляров онтологии:

$$f = \langle Name_f, (g_1^f, g_2^f, \dots, g_{n(f)}^f) \rangle,$$

где  $f \in F$  – фреймы-факты,  $Name_f$  – имя факта,  $g_i^f$  – слоты факта, сформированные из слотов соответствующего класса или экземпляра с использованием механизма заполнения или вытеснения их значений на основе входной информации. Таким образом, при формировании факта происходит объединение условно-постоянной информации, содержащейся в онтологии, с входной информацией об особенностях конкретного проекта, создаваемого с использованием ИС.

Правила  $p \in P$  представляют собой следующую структуру:

$$p = \langle Name_p, (a_1 \wedge a_2 \wedge \dots \wedge a_h \Rightarrow d) \rangle,$$

где  $Name_p$  – имя правила, используемое для возможного частичного управления порядком выбора правил при реализации логического вывода. Импликация  $a_1 \wedge a_2 \wedge \dots \wedge a_h \Rightarrow d$  состоит из левой части  $a_1 \wedge a_2 \wedge \dots \wedge a_h$ , представляющей собой конъюнкцию предпосылок (предусловий) правила, и правой части  $d$  – следствия, представляющего собой набор действий, выполняемых в случае истинности всех предпосылок левой части правила. Предпосылками правила могут быть логические условия, предикаты, шаблоны и другие конструкции. Так, проверка условия при помощи шаблона представляет особый интерес – это реализация алгоритма сопоставления (унификации) шаблона, заданного в теле правила с использованием различных синтаксических конструкций, с имеющимися в системе фактами или объектами онтологии. В случае нахождения факта или объекта, унифицируемого с заданным шаблоном, соответствующая предпосылка считается истинной. Особую гибкость данному виду условий придает возможность использования переменных внутри шаблона. В этом случае переменные, получившие значения при реализации алгоритма унификации для предпосылки  $a_i$ , могут использо-

ваться либо в оставшихся предпосылках  $a_{i+1}, a_{i+2}, \dots$ , либо в процедурах, определяющих следствие  $d$ .

### 2.3 Реализация фреймовой онтологии предметной области

Фреймовая онтология ( $O_F$ ), как и другие виды онтологий, визуально представляется в виде сети, состоящей из узлов, фреймов-классов ( $c \in C$ ) и связей между ними ( $r \in R$ ), причем классы содержат принадлежащие им слоты ( $s \in S$ ), – данное представление используется далее в нашей работе на рисунках, иллюстрирующих структуру реализованной онтологии (см. образец на Рис. 2.2).

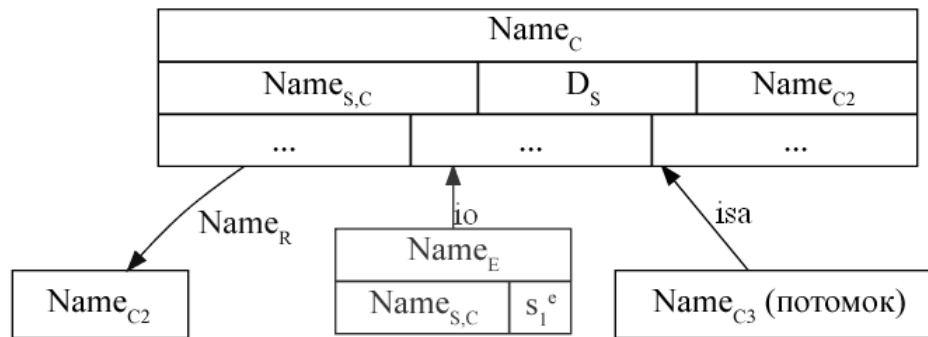


Рисунок 2.2. Образец изображения фрагмента структуры фреймовой онтологии.

Названия классов ( $Name_C, Name_{c2}, Name_{c3}$ ) слотов ( $Name_{s,C}$ ) и отношений ( $Name_R$ ) даются на английском языке, с указанием в тексте соответствующего термина на русском. Бинарное ассиметричное транзитивное нерефлексивное отношение наследования ( $R_{ISA}$ ) обозначается как «isa», а связь экземпляров класса ( $Name_E$ ) со своим родителем – как «io».

### 2.3.1 Класс «Задача проектирования ЧКВ»

Исходя из архитектуры ИС, в качестве первого класса онтологии был задан *HCI engineering task* («Задача проектирования ЧКВ»), имеющий отношения с классами, представляющими входную информацию: *Target user* («Целевой пользователь») и *Requirement* («Требование»), а также выходную информацию: *Guideline* («Рекомендация») и *Web interface design* («Проект веб-интерфейса»). Кроме того, значением слота *project context* («контекст проекта») может являться набор, включающий в себя любой класс онтологии (потомок мета-класса *THING*). Схематично общая структура класса *HCI engineering task* представлена на Рис. 2.3.

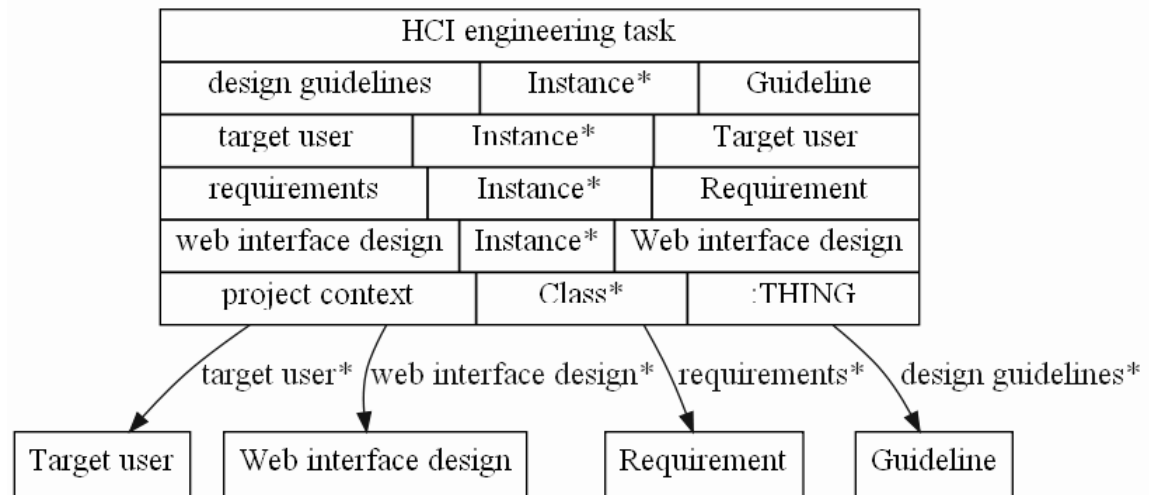


Рисунок 2.3. Структура класса *HCI engineering task*.

### 2.3.2 Характеристики пользователей и классы онтологии

Среди потенциально неограниченного множества факторов, которые относятся к некоторой группе пользователей и могут оказывать влияние на те или иные аспекты взаимодействия, можно выделить две подгруппы: индивидуальные характеристики пользователя (как представителя группы) и факторы контекста использования (англ. *context of use*).

Индивидуальные характеристики пользователей оказывают значительное влияние на качество ЧКВ – например, было статистически показано, что из 10

факторов, сильнее всего воздействовавших на уровень юзабилити гипертекстовой системы, 4 относятся именно к индивидуальным различиям пользователей [161, с.244]. Исчерпывающий перечень индивидуальных характеристик и структура их взаимосвязей и влияния на показатели качества интерфейсов не приводятся ни в одной работ в сфере ЧКВ, изученных нами. На современном этапе развития ЧКВ в качестве важнейших индивидуальных характеристик пользователей отмечаются возраст, опыт (подразделяемый на опыт использования ИТ в целом, опыт в предметной области и опыт взаимодействия с рассматриваемой программной системой), пол, а также группа социально-экономических факторов: национальность, уровень образования и профессиональной компетенции и т.д. [162, С.43-48], [120].

В свою очередь, контекст использования можно определить как технологическое, физическое и социальное окружение, в котором происходит взаимодействие с системой; хотя иногда, определяя контекст использования в более широком смысле, в него включают и характеристики пользователей, и задачи, которые они выполняют при работе с системой. Факторы контекста использования имеют объективный характер, однако редко количественно измеримы и, как правило, не являются универсальными – в зависимости от особенностей создаваемой программной системы или целевой группы пользователей, сравнительная значимость различных факторов может существенно изменяться.

Часть знаний (законов, принципов, рекомендаций) в сфере ЧКВ относится к той или иной категории пользователей (англ. *categories of users*), выделяемых по одной или нескольким индивидуальным характеристикам [162, с.43]. Так, исторически, для категоризации пользователей чаще всего использовалась одна из характеристик опыта (например, опыт использования ИТ в целом), что находило отражение в таких типичных категориях как «новичок», «опытный пользователь», «эксперт». Выделение устойчивых категорий пользователей позволяло исследовать присущие им особенности и выдвигать рекомендации от-

носительно предпочтительных интерфейсных решений, которые могли более или менее успешно применяться в проектах с различной спецификой.

С начала 2000-х годов, в сфере ЧКВ стал расти интерес к категоризации пользователей по характеристике возраста, с выделением таких категорий как «дети», «подростки», «пожилые люди» [155, 146, 140]. Это, в частности, вызвано тем, что возрастная группа – одна из важнейших индивидуальных характеристик пользователя (что показано, например, в [161, с.243-244]), которая к тому же с высокой достоверностью позволяет определить и другие характеристики, например, уровень опыта. Особое внимание исследователей в настоящий момент привлекает такая категория пользователей как пожилые люди, которые являются наиболее быстро растущей группой в сети Интернет – например, в США процент использующих Интернет среди граждан в возрасте 65 лет и старше более чем утроился за прошедшее десятилетие: с 12% в 2000 г. до 42% в 2009 г. [174].

Среди других индивидуальных характеристик пользователей, использующихся в настоящее время исследователями для выделения категорий, можно упомянуть культурные и национальные различия (обзор публикаций по данной тематике приведён, например, в [72]), а также фактор пола – так, в работе [63] была даже предпринята попытка положить начало новому направлению, «гендерное ЧКВ» (англ. *Gender HCI*).

Подытоживая, можно отметить, что индивидуальные характеристики пользователей (опыт, возраст, пол и др.) оказывают значительное влияние на контекст проектируемого взаимодействия и определяют категории пользователей, для некоторых из которых наработан существенный объем знания. Это делает целесообразным представление как характеристик, так и категорий в качестве классов или экземпляров БЗ. Однако проведенный обзор источников показал, что в сфере ЧКВ не сложилось единого мнения относительно набора значимых характеристик пользователей и их влияния на проектирование интерфейсов.

Исходя из проведённого обзора, в онтологии был создан класс *Target user*, экземплярами которого являются портреты целевых пользователей веб-приложения, а подклассами – категории пользователей, выделяемые в ЧКВ. Соответственно, был добавлен и класс *User attribute* («Характеристика пользователя»), подклассами которого явились *Personal user attribute* («Персональная характеристика пользователя») и *Context of use* («Контекст использования») – см. Рис. 2.4.

Однако поскольку, как было отмечено выше, единого мнения о структуре значимых характеристик пользователя в сфере ЧКВ не сложилось, для определения подклассов и экземпляров для класса *User attribute* потребовалось дополнительное исследование предметной области, которое описано в главе 3, вместе с детализацией структуры онтологии на основе полученных результатов.

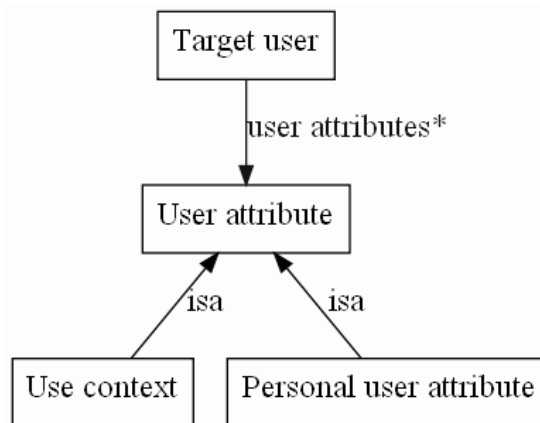


Рисунок 2.4. Класс *Target user* и связанные с ним подклассы онтологии.

### 2.3.3 Классы, связанные с требованиями к веб-приложению

Требования к программному продукту от всех заинтересованных сторон (в первую очередь, заказчика и пользователей), фиксируются на этапе анализа требований, для получения максимально полного описания поведения разрабатываемой системы. Среди стандартов в данной области можно отметить ГОСТ СССР 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы» [14], а также аналогичный стандарт, действующий на международном

уровне, IEEE 830-1998 «Спецификация требований к программному обеспечению» [102]. Формулируемые к программному продукту (автоматизированной системе) требования обычно подразделяются на два типа:

1) функциональные – требования к функциям (задачам), выполняемым системой, для описания которых, в частности, может применяться метод прецедентов или сценариев использования;

2) «качественные» или «нефункциональные» (англ. *non-functional*), в ГОСТ 34.602-89 называемые «требования к системе в целом», – требования к надежности, безопасности, техническим и эксплуатационным характеристикам и т.д.

Прецеденты представляют собой спецификации последовательностей действий, которые пользователь имеет возможность совершать с системой [75], причём они могут описываться как в обычной текстовой форме, так и с использованием языка графического описания UML, а формулироваться – по результатам анализа задач пользователя. Поскольку по своей природе прецеденты направлены на описание взаимодействия, они не предназначены для фиксирования некоторых видов функциональных требований – например, алгоритмов обработки данных. Содержание прецедентов не зафиксировано в каком-либо едином стандарте, так что их детализация зависит от потребностей конкретного проекта [74], однако с точки зрения ЧКВ можно отметить обязательность наличия «деятели» или «актора» (англ. *actor*) – пользователя или другой программной системы, участвующей во взаимодействии, а также ссылки на затрагивающие прецедент качественные требования.

Среди качественных требований к веб-приложению, относящихся к ЧКВ, можно выделить требования к юзабилити и графическому дизайну (в ГОСТ 34.602-89 – «к эргономике и технической эстетике»), а также общедоступности, времени отклика (см. [147]) и эмоциональным впечатлениям (как более предпочтительному показателю по сравнению с «удовлетворенностью пользователя»). Для некоторых из требований (в основном, показателей юзабилити) должны определяться количественные целевые значения, в то время как другую



часть требований (например, к дизайну, общедоступности или целевым эмоциям) допустимо сформулировать в качественном виде, поскольку их квантификация и последующее измерение могут быть сопряжены с неоправданными расходами. Кроме того, как функциональные, так и нефункциональные требования могут быть упорядочены по приоритетности реализации, определяемой исходя из планируемого экономического эффекта от их выполнения.

В ходе этапа проектирования, следующем в процессе разработки за этапом анализа требований, для веб-приложения, в частности, определяются:

- 1) перечень и состав разделов и сервисов, порядка взаимодействия между ними (предварительно это могло быть сделано еще на этапе анализа требований) – «содержание»;
- 2) структура и графическое оформление пользовательского интерфейса (страниц) веб-приложения – «дизайн».

Содержание сайта в большей степени определяется на основе функциональных требований, в то время как дизайн – исходя из «качественных» требований и характеристик целевых пользователей.

На основе обзора требований к программному продукту как входной информации для ИС, в онтологии был создан класс *Requirement* («Требование») с подклассами *Functional requirement* («Функциональное требование») и *Non-functional requirement* («Качественное требование»), см. Рис. 2.5.

Требования, помимо своего текстового описания, как правило, имеют показатель приоритетности, что отражено посредством атрибута *priority* («приоритет»), и могут содержать количественную или качественную метрику, что представлено в онтологии в значениях слота *requirement metric type* («тип метрики»). Среди прочих классов можно отметить *Use case* («Прецедент»), а также связь качественных требований, среди которых могут быть требования, связанные с проектированием взаимодействия, и рекомендаций в сфере ЧКВ посредством отношений *related guideline* («связанная рекомендация») и *related requirement* («связанное требование») (обоснование см. в [200, с.82]).

### 2.3.4 Классы, связанные со знаниями в сфере ЧКВ

В ходе обзора, проведенного ранее, были рассмотрены различные уровни знания в сфере ЧКВ, в соответствии с которыми в онтологии были созданы классы *Law* («Закон»), *Principle* («Принцип») и *Guideline* («Рекомендация»), объединённые в абстрактный мета-класс *HCI knowledge* («Знание в сфере ЧКВ»). Детальные перечни атрибутов для рекомендаций и шаблонов проектирования в сфере ЧКВ представлены в [200, с.92] и [65, с.364] соответственно, причём эти атрибуты можно разделить на непосредственно содержание рекомендации (название, описание, примеры использования), связь с контекстом проектируемого взаимодействия (формулировка проблемы, затрагиваемые показатели качества интерфейса) и объясняющий компонент (обоснование, ссылки на источники и т.д.).

Известно, что успешность проектирования ЧКВ зависит от глубины понимания как контекста взаимодействия, так и закономерностей человеческого поведения, что даёт проектировщику возможность делать осознанный выбор в пользу той или иной практической рекомендации из нескольких, различающихся или даже противоречивых [158]. Это придаёт особую важность организации знаний в наборе рекомендаций, выдаваемом разрабатываемой ИС, который соответствует подсистеме объяснений, и делает целесообразным предусмотреть:

- 1) возможность установления связей между различными уровнями знания в сфере ЧКВ и в пределах знания одного уровня;
- 2) возможность установления ссылки на обоснование для любого фрейма-экземпляра, представляющего знание;
- 3) возможность установления связи между экземпляром и контекстом проектируемого взаимодействия;
- 4) возможность задания «эффективности» или практической значимости для рекомендации.

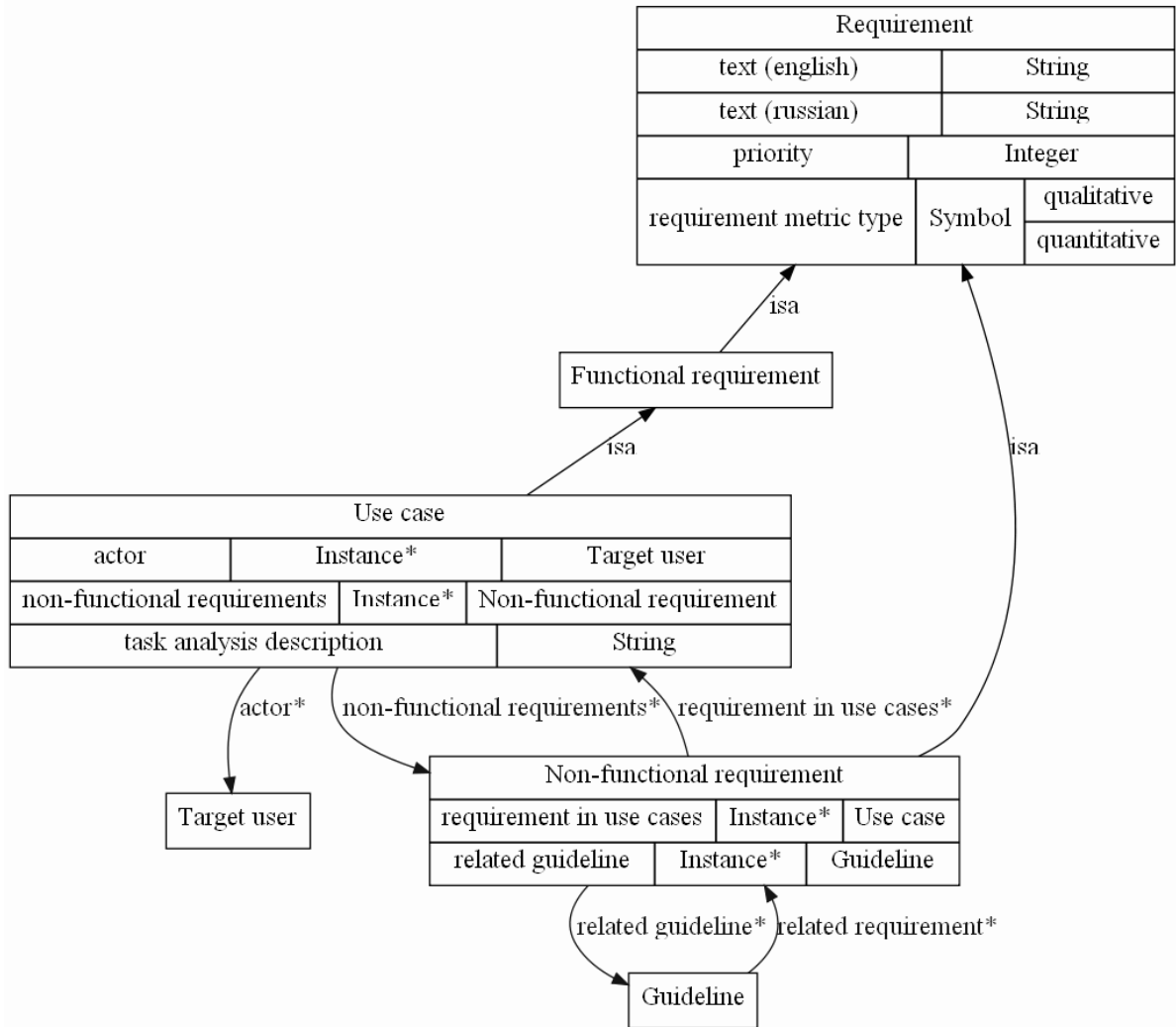
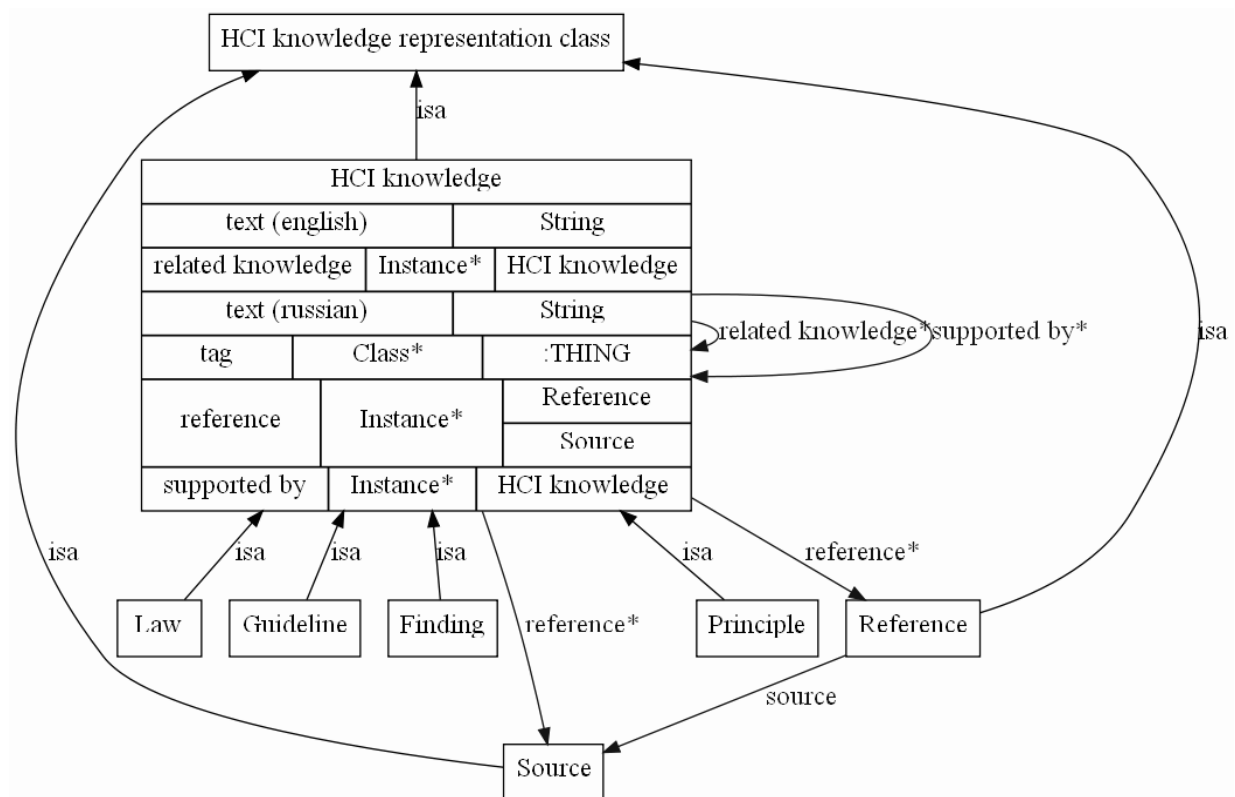


Рисунок 2.5. Структура класса *Requirement* и связанных подклассов.

Исходя из пунктов 1) и 2), указанных выше, в онтологию были введены такие классы как *Finding* («Сведение»), *Source* («Источник») и *Reference* («Ссылка»), а также соответствующие отношения, причём все классы, относящихся к знанию в области ЧКВ, были объединены в абстрактный класс *HCI knowledge representation class* («Класс представления знания в сфере ЧКВ») (Рис. 2.6).

Класс *Finding* отражает некоторый факт или эмпирическое свидетельство, полученное в ходе исследовательской или практической деятельности в сфере ЧКВ или смежной с ней, а класс *Source*, как правило, соответствует научной публикации, т.е. статье или книге. Исходя из пунктов 3) и 4), перечисленных



### 2.3.5 Классы, связанные с представлением веб-интерфейса

ний, направленных на максимальное удовлетворение требований к продукту и учитывающих технологические и иные ограничения [98]. При принятии таких решений проектировщик может основываться на практических рекомендациях или знаниях более высокого уровня, существующих в сфере ЧКВ, однако конкретные правила принятия таких решений остаются не формализованными.

Следует также отметить, что веб-интерфейс в большинстве современных веб-приложений реализуется в качестве макета веб-страницы, созданного с использованием языка разметки гипертекста HTML (или XHTML) и отражающего содержательный компонент, и набора каскадных таблиц стилей (CSS), реализующих визуальное представление («дизайн») содержания.

В современных веб-приложениях можно выделить два компонента – содержание и дизайн, в значительной степени связанные между собой. Качественное представление содержания (информационной составляющей), организация его понятным пользователю образом и адаптация для «сканирующего» стиля восприятия, свойственного интернет-пользователям (см. [152]), является важным фактором для повышения уровня юзабилити веб-приложений [149]. Понятие «дизайн», с точки зрения взаимодействия для веб-приложений, включает в себя проектирование функционирования интерфейса пользователя и представление элементов веб-страницы, в основном визуальное, иногда также называемое «графический дизайн».

С точки зрения пользователя, содержанием веб-приложения является набор «сервисов» (разделов, логически связанных веб-страниц), что нашло своё воплощение в классе *Website service (section)* («Сервис (раздел) веб-приложения»). Однако со структурной точки зрения, веб-приложение состоит из веб-страниц, что привело к введению классов *Web page* («Веб-страница»), *Web page block* («Блок веб-страницы»), *Web page element* («Элемент веб-страницы») и *Web page node* («Узел веб-страницы»), см. Рис. 2.8.

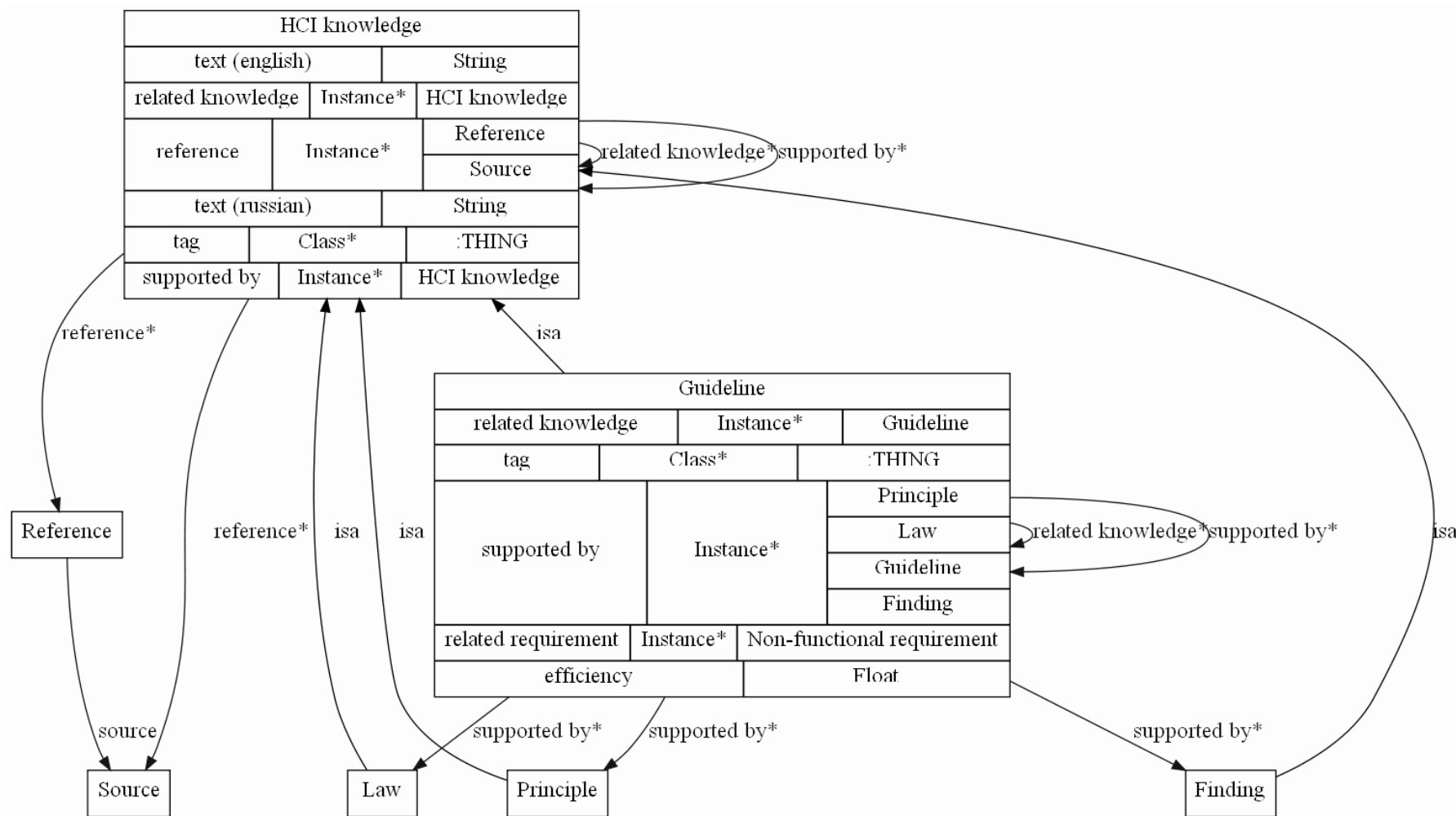


Рисунок 2.7. Класс *Guideline* и связанные с ним классы.

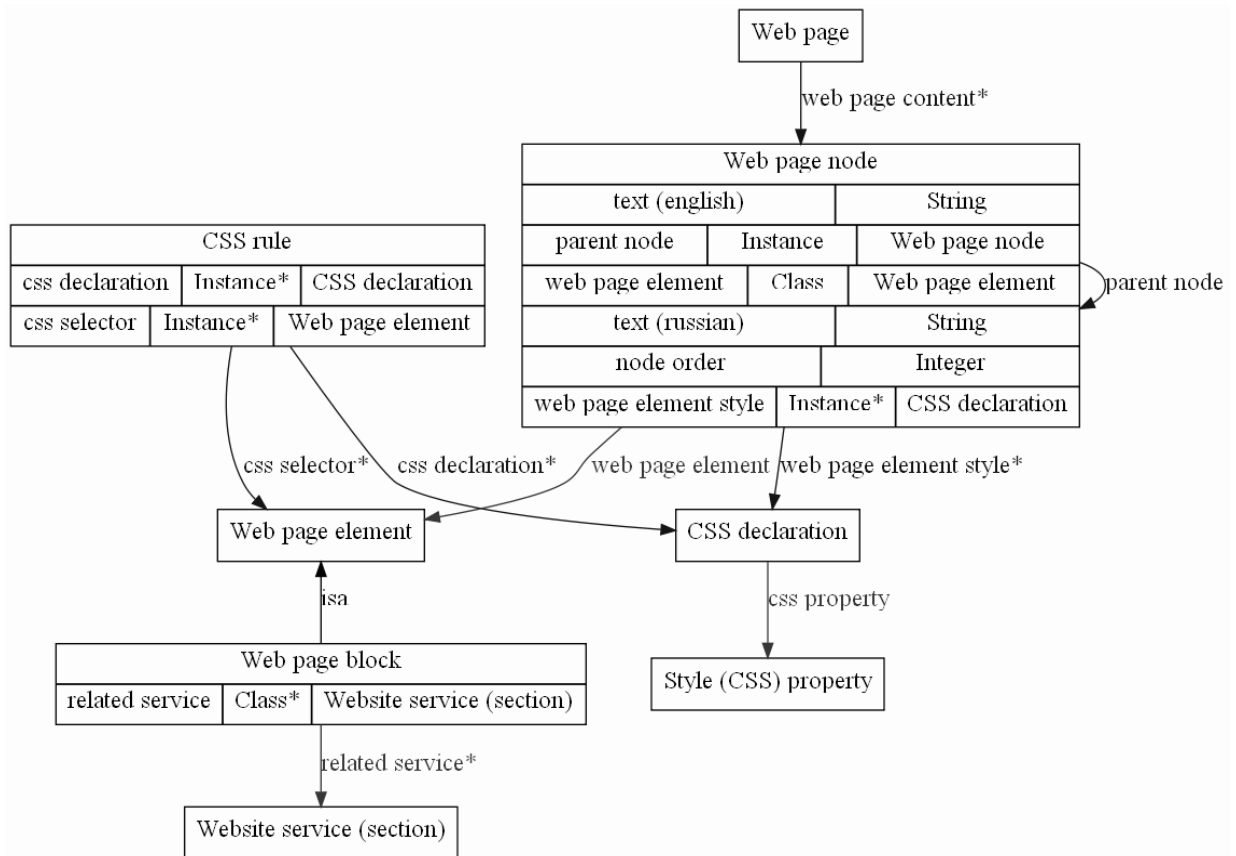


Рисунок 2.8. Структура классов, связанных с представлением веб-интерфейса.

Блоки – это логически единые области веб-страницы (например, форма авторизации), элементы – логически различающиеся единицы (например, текст, заголовок и т.д.), а «узлы» на нижнем уровне реализуют упорядоченную последовательность тегов на языке HTML [206]. Фактическим стандартом для описания представления (внешнего вида) веб-страниц в настоящее время является технология CSS (каскадные таблицы стилей). Соответственно спецификации CSS [205], в онтологию были добавлены классы *CSS rule* («Правило стиля»), *CSS declaration* («Объявление стиля») и *Style (CSS) property* («Свойство стиля»). С помощью описанных классов может быть представлена логическая структура прототипа веб-интерфейса, на основе которой затем сгенерирован реальный HTML-код (подробнее см. в главе 4).

### 2.3.6 Прочие классы предметной области

Среди прочих классов, включенных в онтологию, можно особо отметить *Interface design* («Проект интерфейса») и *Web interface design* («Проект веб-интерфейса»), которые отношением *usability level* (уровень юзабилити) связаны с классом *Interface quality metric* («Показатель качества интерфейса»). В качестве показателей выделяются *Performance time* («Время выполнения»), *Success rate* («Процент успешного выполнения»), *Error rate* («Уровень ошибок») и *Subjective satisfaction* («Субъективная удовлетворенность») – см. Рис. 2.9.

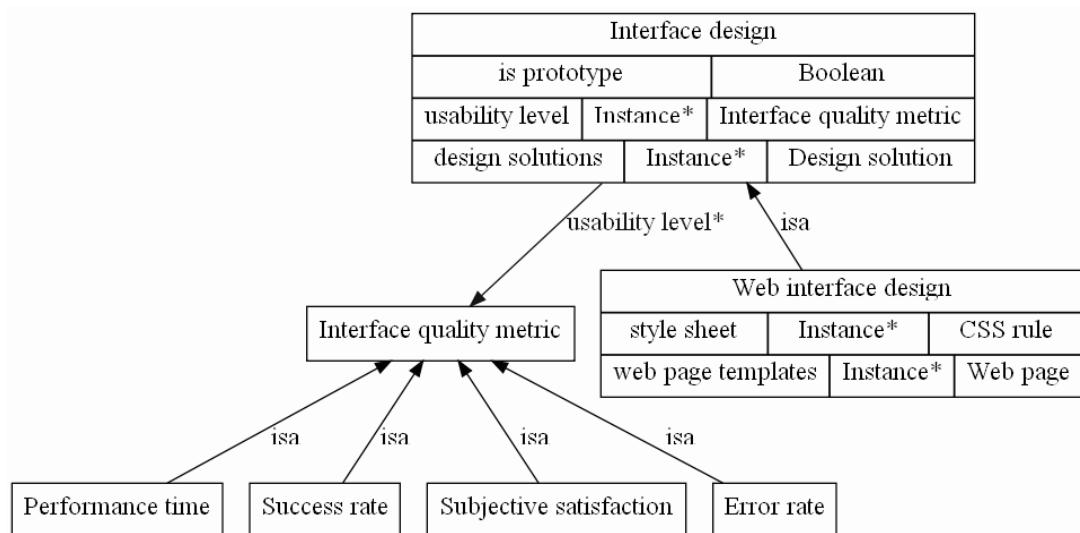


Рисунок 2.9. Классы, связанные с проектом интерфейса и его качеством.

Итоговый список всех классов онтологии, с их слотами и отношениями со связанными классами, приведён в Приложении 1. Фрагмент онтологии, содержащий иерархию основных классов, представлен на Рис. 2.10.

## 2.4 Порождение знаний в ИС

### 2.4.1 Определение контекста проекта

Как мы уже упоминали ранее, ИС должна учитывать контекст проектируемого взаимодействия – для этого из входной информации, т.е. характеристик целевых пользователей и требований к программному продукту, формиру-



ется набор базовых терминов из множества  $B$ , описывающих контекст проекта. При этом производится анализ текста требований на естественном языке, с использованием контролируемого словаря, входящего в онтологию.

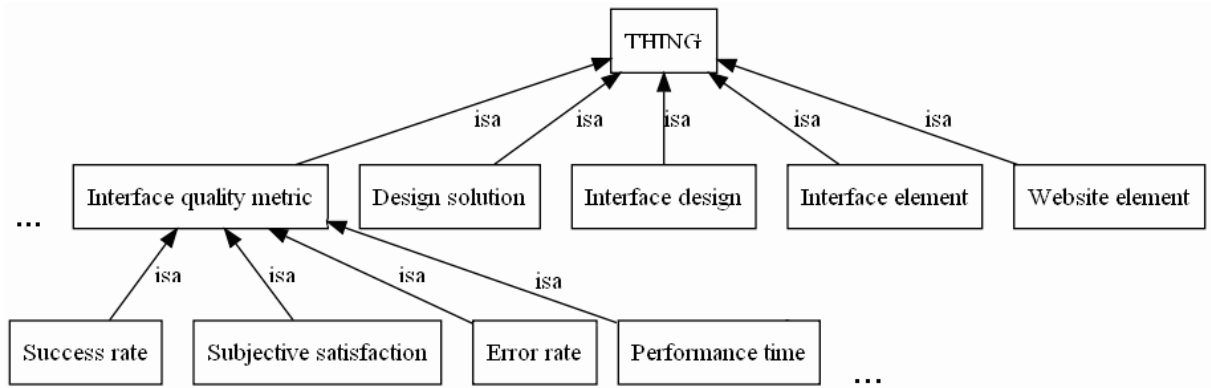


Рисунок 2.10. Основные классы онтологии, связанные иерархическими отношениями.

Данный вид текста может быть отнесён к деловой прозе, которая характеризуется следующими особенностями внутренней формализации [36]:

- 1) ограниченность предметной области, соответствующей тексту;
- 2) ограничение естественного языка (используется т.н. подъязык);
- 3) функциональность передаваемых сообщений, наличие структуры их взаимной значимости (приоритетности).

Эти особенности позволяют использовать онтологические подходы к обработке текста (см. [37], [20]), позволяющие извлекать из него целевую информацию согласно специфике предметной области и заданному словарю. Результат анализа текста при этом может быть представлен в виде семантической сети извлечённых объектов или в виде простого перечня извлечённых терминов (в нашем случае – принадлежащих множеству  $Eq(b_i)$ ) с соответствующей частотой нахождения в тексте или некоторым показателем релевантности. Очевидно, что элементы множества  $Eq(b_i)$  могут быть легко сопоставлены элементам множества  $B$ , которые и будут использованы при формировании контекста проекта в части, определяемой требованиями к создаваемому программному продукту.

Кроме того, с точки зрения проектирования ЧКВ (т.е. учитывая различия в характеристиках пользователей, их задачах и требованиях), в функциональных требованиях были особо выделены некоторые типы веб-приложений (см. Табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Типы веб-приложений, выделяемые в ИС

| Имя класса                                        | Описание                                                                                                |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>E-commerce website</i>                         | Веб-приложение электронной коммерции                                                                    |
| <i>E-government website</i>                       | Веб-приложение электронного правительства или государственных услуг                                     |
| <i>Educational website</i>                        | Веб-приложение образовательного учреждения или электронных образовательных услуг                        |
| <i>Personal website / web log</i>                 | Персональный веб-сайт или веб-журнал (дневник)                                                          |
| <i>Portal / news website</i>                      | Портал, содержащий широкий перечень сервисов (включая каталог веб-сайтов, новостную ленту и т.д.)       |
| <i>Community (social) / entertainment website</i> | Веб-сайт сообщества или созданный с развлекательными целями                                             |
| <i>Information / Q&amp;A website</i>              | Веб-приложение, посвященное представлению информации по некоторой теме или вопросам и ответам экспертов |
| <i>Intranet</i>                                   | Внутреннее (служебное) веб-приложение организации или информационная система                            |

В зависимости из указанного во входной информации типа веб-приложения, система сможет добавлять к контексту проекта соответствующие базовые термины, а также предлагать типовые разделы и сервисы, каждому из которых также соответствует свой базовый термин. Таким образом, множество терминов контекста проекта (обозначим его как  $Pr$ ) будет формироваться как объединение множеств:

$$Pr = D_p \cup U_p \cup R_p \cup W_p \cup C_p, \quad (2.4)$$

где  $D_p \subset B$  – базовые термины, добавляемые по умолчанию (например: *Interface*, *Interface element*, *Interface quality metric*, *Target user*);

$U_P \subset B$  – термины, добавляемые исходя из характеристик целевых пользователей (например, для пожилых пользователей: *Accessibility requirement, Size, Color, Error rate*);

$R_P \subset B$  – термины, добавляемые по результатам анализа текста требований. При определении показателя релевантности ( $r_t$ ) может учитываться приоритетность требований и частота возникновения терминов в тексте;

$W_P \subset B$  – термины, добавляемые в зависимости от типа веб-приложения (например, для сайта электронной коммерции: *E-commerce website, Performance time, Success rate*);

$C_P \subset B$  – термины, добавляемые исходя из содержимого (разделов и сервисов) веб-приложения. Таким образом,  $Pr \subseteq B$ .

После формирования множества терминов контекста проекта может быть определено, с какими из наборов терминов, описывающих рекомендации ( $T(g_i) \subseteq B$ ) имеются пересечения и чему равно количество общих терминов (обозначим его  $k_i$ ):

$$Pr \cap T(g_i) = B(g_i) \quad (2.5)$$

где  $B(g_i) \subseteq B$  – множество базовых терминов, являющихся общими для данной рекомендации и для контекста проекта, причём

$$|B(g_i)| = k_i \quad (2.6)$$

В качестве выходной информации системы выбираются только те рекомендации, для которых  $k_i > 0$ .

#### 2.4.2 Расчет эффективности рекомендаций

В связи со значительным количеством рекомендаций, существующих в сфере проектирования ЧКВ, очевидна необходимость упорядочения их не только по контексту применения и релевантности, но и по некоторому показателю сравнительной эффективности использования. Для этого предлагается исполь-

зование модели, основанной на нечеткой логике и использующей для расчёта эффективности рекомендаций информацию, хранящуюся в системе.

В общем случае под нечетким отношением  $Q$ , заданным на универсальных множествах (универсумах)  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , называется некоторое фиксированное нечеткое подмножество декартова произведения этих универсумов. То есть:

$$Q = \{ \langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle, \mu_Q(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle) \}, \quad (2.7)$$

где  $\mu_Q(\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle)$  – функция принадлежности данного нечеткого отношения, которая определяется как отображение  $\mu_Q: X_1 \times X_2 \times \dots \times X_k \rightarrow [0,1]$ . Здесь  $\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle$  – кортеж из  $k$  элементов, каждый из которых выбирается из своего универсума:  $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_k \in X_k$ .

Пусть  $Q = \{ \langle x_i, x_j \rangle, \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) \}$  и  $R = \{ \langle x_j, x_k \rangle, \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \}$  бинарные нечеткие отношения, заданные на декартовых произведениях  $X_1 \times X_2$  и  $X_2 \times X_3$ . Композицией бинарных нечетких отношений называется нечеткое отношение  $Q \otimes R$ , заданное на декартовом произведении  $X_1 \times X_3$ , с функцией принадлежности

$$\mu_{Q \otimes R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \max_{x_j \in X_2} \{ \min_{\langle x_i, x_k \rangle \in X_1 \times X_3} \{ \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle), \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \} \} \quad (2.8)$$

Определенную таким образом композицию называют максиминной композицией (максиминной сверткой).

Нечеткое бинарное отношение, заданное на декартовом произведении  $X_1 \times X_3$  называется  $\max$ -\*-композицией  $Q * R$  бинарных нечетких отношений  $Q$  и  $R$ , заданных на декартовых произведениях  $X_1 \times X_2$  и  $X_2 \times X_3$ , если его функция принадлежности определяется следующим образом:

$$\mu_{Q * R}(\langle x_i, x_k \rangle) = \max_{x_j \in X_2} \{ \mu_Q(\langle x_i, x_j \rangle) * \mu_R(\langle x_j, x_k \rangle) \} \quad (2.9)$$

$\forall \langle x_i, x_k \rangle \in X_1 \times X_3$

Если вместо  $*$  используется операция алгебраического умножения, то получаем  $\max$ -prod композицию.

Пусть количество экземпляров класса *Guideline* (практических рекомендаций относительно проектирования ЧКВ для веб-приложений), которое будет

содержаться в БЗ, равно  $N$ , а их множество обозначим как  $G=\{g_1, g_2, \dots, g_N\}$ . В слоте *efficiency* каждого из этих экземпляров хранится значение, отражающее эффективность данной рекомендации ( $efficiency_i \in [0;1]$ , по умолчанию, т.е. при отсутствии дополнительной информации, равно 0,5).

Аналогично, пусть количество проектов веб-интерфейсов, хранящихся в БЗ (экземпляров класса *Web interface design*), равно  $V$ , а их множество обозначим как  $In=\{w_1, w_2, \dots, w_V\}$ . Определим бинарное нечёткое отношение  $GI$ :

$$GI = \{ \langle g_i, w_j \rangle, \mu_{GI}(\langle g_i, w_j \rangle) \}, \quad (2.10)$$

где  $\langle g_i, w_j \rangle$  – кортеж из двух элементов, каждый из которых выбирается из соответствующего множества:  $g_i \in G$ ,  $w_j \in In$ , а  $\mu_{GI}(\langle g_i, w_j \rangle)$  – функция принадлежности, которая содержательно обозначает экспертную оценку степени, в которой проект веб-интерфейса  $w_j$  следует рекомендации  $g_i$ . Функция  $\mu_{GI}(\langle g_i, w_j \rangle)$  подразумевается непрерывной на интервале  $[0;1]$ , причём значения, близкие к 0, обозначают, что проект веб-интерфейса полностью нарушает рекомендацию, а близкие к 1 – что он полностью ей соответствует.

Также, в БЗ ИС будут храниться возможные показатели качества для веб-интерфейсов (экземпляры и подклассы класса *Interface quality metric*, пусть их количество равно  $M$ ), образующие множество  $Q=\{q_1, q_2, \dots, q_M\}$ . Определим бинарное нечёткое отношение  $IQ$ :

$$IQ = \{ \langle w_j, q_k \rangle, \mu_{IQ}(\langle w_j, q_k \rangle) \}, \quad (2.11)$$

где  $\langle w_j, q_k \rangle$  – кортеж из двух элементов, каждый из которых выбирается из соответствующего множества:  $w_j \in In$ ,  $q_k \in Q$ , а  $\mu_{IQ}(\langle w_j, q_k \rangle)$  – функция принадлежности данного нечёткого отношения, содержательно соответствующая оценке проекта веб-интерфейса  $w_j$  по показателю качества  $q_k$ . Такие оценки могут быть получены в ходе применения различных методов проектирования юзабилити: например, юзабилити-тестирования – для показателя успешности выполнения заданий или же опроса – для показателя субъективной удовлетворенности пользователя. Следует заметить, что  $\mu_{IQ}(\langle w_j, q_k \rangle) \in [0;1]$ , т.е. для неко-

торых показателей качества может требоваться предварительное нормирование значений.

Для определения на основе  $GI$  и  $IQ$  нечёткого отношения  $GQ$ , содержательно определяющего эффективность рекомендации  $g_i$  по критерию качества  $q_k$ , в работе было рассмотрено несколько видов свёртки (в том числе максиминная и max-prod композиции). Исходя из критерия максимального разнообразия получаемых значений эффективностей, функцию принадлежности предложено определять с использованием усредняемой prod-свёртки:

$$\mu_{GQ}(< g_i, q_k >) = \frac{1}{V} \sum_{j=1}^V \{ \mu_{GI}(< g_i, w_j >) * \mu_{IQ}(< w_j, q_k >) \} \quad (2.12)$$

Тогда, полагая сравнительную значимость всех показателей качества одинаковой, можно рассчитать значение эффективности для каждой из  $N$  рекомендаций:

$$\text{efficiency}_i = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \{ \mu_{GQ}(< g_i, q_k >) \} \quad (2.13)$$

Очевидно, что значения  $\text{efficiency}_i$  должны пересчитываться системой при добавлении в БЗ рекомендаций, проектов интерфейсов, показателей качества, а также при добавлении или изменении значений  $\mu_{GI}(< g_i, w_j >)$  и  $\mu_{IQ}(< w_j, q_k >)$ .

Полученные значения эффективностей могут использоваться:

1) для упорядочения наборов рекомендаций, выдаваемых проектировщику по результатам работы ИС;

2) для снижения степени дублирования рекомендаций – среди нескольких рекомендаций, определённых как дублирующие (напрямую экспертами или системой, исходя из определённой функциональной зависимости значений  $\mu_{GI}$  для рекомендаций), может выдаваться только одна, имеющая наибольшее значение  $\text{efficiency}_i$ ;

3) для определения предпочтительной рекомендации из противоречащих – среди двух рекомендаций, определённых как противоречивые (напрямую

экспертами или системой, исходя из определённой функциональной зависимости значений  $\mu_{GI}$  для рекомендаций), может выдаваться только одна, имеющая наибольшее значение  $efficiency_i$ .

## **2.5 Выводы**

Основными результатами главы 2 являются:

1. Определена стратегия принятия решений ИС, её архитектуры. В качестве входной информации были определены требования к программному продукту и характеристики целевых пользователей; в качестве выходной – упорядоченный набор рекомендаций для проектирования и прототип веб-интерфейса приложения. В ходе работы система сопоставляет контексту проектируемого взаимодействия набор базовых терминов из содержащегося в ИС контролируемого словаря предметной области и на основе него выбирает релевантные рекомендации.

2. Предложена гибридная модель представления знаний (фреймовая онтология, дополненная продукционной моделью), позволяющая построение концептуальной модели предметной области и ведение словаря относящихся к ней базовых терминов.

3. Построена онтология, содержащая классы, атрибуты и отношения из предметной области поддержки проектирования ЧКВ в веб-приложениях. Общее количество фреймов составило более 250 (например, фреймовая онтология *Plinius*, предназначенная для полуавтоматического извлечения знаний в области химии, содержит около 150 концептов [11, с. 301]).

4. Предложена модель для определения сравнительной эффективности рекомендаций на основе композицию нечётких отношений, исходя из показателей качества разработанных с использованием системы интерфейсов (определяются на этапе тестирования) и соответствия интерфейсов рекомендациям по проектированию.

## Глава 3. Модели поведения пользователей в ЧКВ

В ходе создания онтологии предметной области было обнаружено, что в существующих источниках существуют определённые пробелы – в частности, не сложилось общепризнанной системы значимых характеристик пользователей и их влияния на проектирование интерфейсов. Данная глава посвящена построению моделей поведения различных категорий пользователей для выявления значимых характеристик пользователей в сфере ЧКВ и структуры их возможного влияния на проектирование интерфейсов. Среди исследуемых характеристик пользователей – возраст (возрастная группа), уровень опыта, пол, национальная (культурная) принадлежность. В качестве показателей качества интерфейса рассматривались затрачиваемое на выполнение задач время, уровень ошибок и субъективная удовлетворенность пользователя (детализированная на несколько типов «эмоциональных впечатлений»).

Изучение физического и когнитивного аспектов взаимодействия пользователя с компьютером производилось с использованием широко известных в сфере ЧКВ «законов» – закона Фиттса и закона Хика, а исследование эмоционального аспекта взаимодействия базировалось на методике «эмоциональной инженерии». В обоих случаях применялся метод количественного эксперимента: общий контингент испытуемых составил 134 человека, а количество полученных наборов данных – более 18 тыс. Полученные результаты были опубликованы в [7, 57, 58, 1, 59].

### **3.1 Методы исследования характеристик пользователей для различных аспектов взаимодействия**

Характеристики пользователей могут оказывать эффект в различных аспектах взаимодействия с компьютером: 1) физическом (англ. *physical*), 2) когнитивном (англ. *cognitive*) и, выделяемом с недавних пор, 3) эмоциональном (англ. *emotional* или *affective*) [110]. Физический аспект касается использования



интерфейсных устройств как объектов реального мира, способов и особенностей воздействия компьютерной или программной системы на органы чувств человека (зрение, слух, осязание), пределов его выносливости при различных условиях работы и т.д. Исследования в данной области проводились уже начиная с 1940-х годов, когда ЧКВ как научное направление еще только начинало складываться, – например, в рамках эргономики. Когнитивный аспект, обычно полагаемый более сложным и менее однозначным, затрагивает способности человека по восприятию и обработке информации, особенности устройства и использования памяти, организацию понятийной структуры и языка пользователя (тезауруса), обучение, мотивацию и т.д. Соответственно, в этой области ЧКВ тесно взаимодействует с такими направлениями как когнитивная психология, лингвистика, инженерная психология и др. Эмоциональный аспект, интерес к которому существенно вырос за прошедшее десятилетие, охватывает субъективные впечатления, возникающие у пользователя в ходе работы с компьютерной системой, их влияние на эффективность взаимодействия и причины возникновения. Вследствие относительной новизны этой области, единая терминология в ней до конца не сложилась – так, различные исследования говорят об «эмоциональном дизайне» (англ. *emotional design*) [168], «удовлетворенности пользователя» (англ. *user satisfaction*), «проектировании впечатлений пользователя» (англ. *user experience design*) и т.д.

Очевидно, что эти аспекты тесно взаимосвязаны между собой – так, восприятие человеком любых сигналов системы происходит сразу на всех уровнях, т.е. органами чувств, сознанием, и к тому же в контексте эмоционального состояния пользователя или вызываемой сигналом эмоциональной реакции. Степень внимания (концентрации) пользователя – другой пример важного фактора во взаимодействии, определяемого всеми тремя аспектами: физическим, когнитивным и эмоциональным.

При рассмотрении взаимодействия пользователей с веб-приложениями можно отметить, что, по сравнению с обычными интерфейсами программных

продуктов, возникает определённая специфика в эмоциональном аспекте. Она связана с тем, что от качества взаимодействия с веб-приложением, размещённым на удалённом веб-сервере в сети, напрямую зависит формирование доверия к предлагаемой им информации или услугам. Данный фактор, субъективное доверие со стороны пользователя (англ. *trust, credibility*), признаётся особенно значимым в сфере электронной коммерции [151, 202, 125], что вполне объяснимо для отрасли, подразумевающей перечисление денег от клиента продавцу товаров или услуг.

В последнее время предпринимаются попытки комплексного подхода к выявлению всех значимых «эмоциональных» факторов и изучению взаимосвязей между ними: например, в [179] показана связь между восприятием эстетичности сайта и уровнем доверия к нему, а в [77] – между «красотой» программного продукта и субъективным восприятием его юзабилити. Однако единой системы таких показателей, к тому же учитывающей индивидуальные характеристики пользователей, насколько нам известно, опубликовано не было.

### 3.1.1 Закон Фиттса

Закон Фиттса [82] является одной из наиболее важных и широко признанных эмпирических данностей, описывающих человеческое поведение на психомоторном уровне (соответствующем физическому и когнитивному аспектам взаимодействия) и используемых в сфере ЧКВ. Данная модель проводит аналогию между выполнением человеком быстрых прицельных движения и передачей информации в электронной системе и базируется на 17-й теореме Шеннона [185, С. 100-103] (также называемой теоремой Шеннона-Хартли), постулирующей, что ёмкость канала  $C$  равна разнице между энтропиями сигнала и шума:

$$C = H_S - H_N = B \log_2((S + N) / N) = B \log_2(S / N + 1), \quad (3.1)$$

где  $C$  – ёмкость канала, означающая теоретическую верхнюю границу скорости передачи данных (бит в секунду),

$H_S$  – энтропия сигнала,

$H_N$  – энтропия шума,

$B$  – полоса пропускания канала (в герцах),

$S$  – мощность сигнала (в ваттах),

$N$  – мощность белого гауссовского шума (в ваттах).

Фиттс предложил измерять сложность совершаемого человеком движения в битах, а сам человек (точнее, его нервная система), таким образом, выступает аналогом канала, выполняющего передачу данных. Далее, он предположил, что электронный сигнал аналогичен расстоянию, на которое производится движение ( $A$ ), а шум – допустимому отклонению или размеру региона ( $W$ ), в пределах которого движение должно быть завершено, и задал индекс сложности ( $ID$ ) движения как:

$$ID = \log_2((2A/W)) \quad (3.2)$$

Не совсем ясны причины, заставившие Фиттса при этой формулировке отклониться от дальнейшей аналогии с теоремой Шеннона (3.1), в частности, опустить прибавление единицы под знаком логарифма. Впоследствии было показано [122], что более предпочтительной все-таки является формулировка индекса сложности в виде:

$$ID = \log_2((A + W)/W) = \log_2(A/W + 1) \quad (3.3)$$

По аналогии с ёмкостью канала, передающего электронный сигнал, Фиттс стремился получить возможность вычисления «ёмкости» двигательной системы человека и в качестве её показателя ввёл индекс производительности ( $IP$ ), равный отношению индекса сложности движения ко времени, затраченному на его выполнение ( $MT$ ):

$$IP = ID / MT \quad (3.4)$$

Нетрудно заметить, что выражение (3.4) аналогично (3.1), причем  $IP$  соответствует  $C$ , а  $MT$  – величина, обратная  $B$ . Выражение (3.4) может также быть преобразовано следующим образом:

$$MT = ID / IP \quad (3.5)$$

В экспериментальных исследованиях, изучающих соотношение (3.5),  $A$  и  $W$  выступают в качестве независимых переменных, а  $MT$  является зависимой. Тогда возможно построение зависимости  $MT$  от  $ID$  при помощи регрессии, где  $a$  и  $b$  – регрессионные коэффициенты:

$$MT = a + b * ID = a + b \log_2(A/W + 1) \quad (3.6)$$

Собственно, выражение (3.6) и является общепринятой формулировкой закона Фиттса, гласящего, что время, затрачиваемое на выполнение быстрого прицельного движения (также называемое временем двигательной реакции, см. [12, с.72]), пропорционально логарифму отношения расстояния до цели (конечной области движения) на размер (ширину) цели. На практике коэффициенты детерминации ( $R^2$ ), получаемые для регрессий (3.6), как правило, превышают 0,9, причем применимость закона была продемонстрирована на широком диапазоне условий – при совершении движений пальцами, руками, головой, глазами, и даже под водой [175, С. 281-282].

### 3.1.1.1 Учет точности движения в законе Фиттса

Очевидно, что время, затрачиваемое на движение, не должно изучаться в отрыве от точности, с которой движение совершается, и для закона Фиттса была предложена методика учета этого фактора [204, С. 147-148]. В ней предлагается вместо использования «номинального» размера цели ( $W$ ) вычислять «эффективный» размер ( $W_e$ ), который определяется исходя из распределения конечных точек движения.

Как отмечалось выше, расстояние движения у Фиттса соответствует уровню сигнала, а размер области, в которой движение завершается, – уровню шума. Теорема Шеннона-Хартли (3.1) имеет предпосылкой, что шум является белым гауссовским; таким образом и распределение пространственных координат точек окончания движения должно быть нормальным (это подтверждается и в практических экспериментах, см. [82; 204, с. 154] и др.).

Как известно, энтропия для нормального распределения может быть записана как:

$$\begin{aligned}
H &= \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} * \log_2 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx = \\
&= \log_2((2\pi e)^{1/2} * \sigma) \approx \log_2(4,133 * \sigma)
\end{aligned}
\tag{3.7}$$

где  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение.

Для нормального распределения с  $\sigma=1$ ,  $p(-4,133/2) + p(4,133/2) \approx 0,96$ . Таким образом, если в наперёд заданную конечную область движения (т.е. цель) попадает 96% точек окончания движения, только тогда она может считаться полным аналогом уровня шума из теоремы Шеннона. В противном случае необходимо найти другую такую область, в которую попадало бы 96% исходов, – это и будет «эффективный» размер цели:

$$W_e = 4,133 * \sigma \tag{3.8}$$

Более подробное обоснование, а также способы нахождения «эффективного» размера при неизвестном распределении точек окончания движения, приведены в [190]. Помимо «эффективного» размера цели часто рекомендуется также и вычисление «эффективного» расстояния движения ( $A_e$ ): например, как среднее расстояние от точки начала движения до конечных точек [190, с. 756]. В итоге, исходя из (3.3), может быть вычислен «эффективный» индекс сложности:

$$ID_e = \log_2(A_e / W_e + 1) \tag{3.9}$$

В отличие от «номинального»  $ID$ , который показывает сложность «запланированного» движения, «эффективный» индекс сложности соответствует реально выполненному движению, и при регрессионном анализе данных экспериментов, изучающих закон Фиттса (3.6), предпочтительно использование именно  $ID_e$ :

$$MT = a + b * ID_e = a + b \log_2(A_e / W_e + 1) \tag{3.10}$$

### 3.1.1.2 Производительность

Индекс производительности ( $IP$ ), введенный Фиттсом (3.4), в настоящее время часто называют просто производительностью (англ. *throughput*) и обозначают как  $TP$ . Индекс рассчитывается как усредненная производительность каждого из  $K$  участников, которая, в свою очередь, вычисляется как среднее значение отношения эффективного индекса сложности ( $ID_e$ ) к затраченному на движение время ( $MT$ ), для каждого из  $M$  возможных сочетаний значений независимых переменных ( $A$  и  $W$ ):

$$TP = 1/K \sum_{i=1}^K (1/M \sum_{j=1}^M \frac{ID_{eij}}{MT_{ij}}) \quad (3.11)$$

Рассчитанная с использованием «эффективного» индекса сложности (3.9), производительность является объективной и полной мерой для заданных условий эксперимента, учитывающей как скорость, так и точность выполнения движения. На практике было показано [123], что  $TP$  не изменяется в зависимости от того, делают ли участники эксперимента сознательный акцент на скорости или на точности.

### 3.1.2 Закон Хика

Известно, что выделяют три различных вида времени реакции человека, являющейся важной составляющей когнитивного аспекта взаимодействия: простое время реакции (один стимул и один возможный ответ), время реакции распознавания (несколько возможных стимулов, на некоторые из которых ответа быть не должно) и время реакции выбора (несколько возможных стимулов, для каждого из которых есть различный верный ответ). Последнее из них описывается такой важной поведенческой закономерностью, как закон Хика [95] (часто называемом также законом Хика-Химэна [100]), в своей простейшей форме утверждающий, что время реакции ( $RT$ ) при выборе из нескольких ( $N$ ) известных альтернатив является функцией логарифма их количества:

$$RT \sim k * \log_2(N + 1), \quad (3.12)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Определено, что значение  $k^{-1}$ , которое сам Хик называл «интенсивностью получения информации» (англ. *rate of gain of information*), в общем случае составляет около 6,7 бит/с [121].

Закон может быть распространен и на случай, когда альтернативы не являются равновероятными:

$$RT \sim k * H = k * \sum_i^N p_i \log_2(1/p_i + 1), \quad (3.13)$$

где  $H$  – энтропия,

$p_i$  – вероятность  $i$ -й альтернативы.

Таким образом,  $k$  – это время, за которое человек обрабатывает 1 бит информации при совершении описанного выше выбора.

Признанным обоснованием закона Хика, вполне подтверждаемым практикой, является то, что при выборе верного ответа человек осуществляет двоичный поиск (или реализует метод дихотомии), т.е. на каждом этапе отвергает половину возможных альтернатив [21, с. 19]. Таким образом, в законе Хика предполагается, что поиск производится среди известных человеку альтернатив; в противном случае поиск может занимать линейно зависящее от количества альтернатив время.

### 3.1.3 Методика «эмоциональной инженерии»

Необходимо отметить, что существующие методы исследования и проектирования ЧКВ в основном фокусируются на физическом и когнитивном аспектах взаимодействия, в меньшей степени затрагивая эмоциональный аспект, – в рамках него лишь производится сбор данных о степени субъективной удовлетворенности пользователя. Хотя работы, связанные с удовлетворенностью пользователя (англ. *user satisfaction*), публиковались еще в 80-х годах [51], некоторые исследователи по-прежнему указывают на неопределенность этого термина. Роберт Гласс, заслуженный специалист в области создания программ-

ных продуктов, в своей книге [89], приводит некоторые рассуждения по данной теме и предлагает считать удовлетворенность пользователя сочетанием таких характеристик продукта как «соответствие требованиям», «своевременность поставки продукта», «подходящая цена» и «уровень качества».

В целом, исследователи расходятся в терминологии относительно факторов, оказывающих влияние на эмоциональный аспект взаимодействия, называя их показателями «эмоционального юзабилити» (англ. *emotional usability*) [113], эмоционального дизайна (англ. *emotional design*) [168], «эмоциональной инженерии» (англ. *kansei engineering*) [131], «привлекательности интерфейса» (англ. *seductive interface*) [160, 112], «эстетичности» (англ. *aesthetics*) [132, 193] и даже «удовольствия» (англ. *fun, pleasure*) [79, 108]. Тем не менее, важность этих факторов в ЧКВ является широко признанной (обзор приведён, например, в [172]), и исследователями отмечалось даже влияние положительной эмоциональной (эстетической) оценки программной системы на субъективное восприятие юзабилити интерфейса системы [193].

Одной из методик в данной области является «эмоциональная инженерия» (англ. *Affective Engineering*) – подход, который формировался в Японии как ветвь эргономики еще в 1980-х годах под названием «канзай инженерия» (англ. *Kansei Engineering*) [131]. На протяжении 1990-х годов он успешно применялся в сфере промышленного дизайна, прежде всего автомобилестроении (например, японской компанией «Мазда») [130], однако попал в поле внимания мировых ученых и производителей уже в 2000-х годах, а затем был применён [113] и для «эмоциональной инженерии» при проектировании веб-страниц.

В качестве этапов «канзай инженерии» можно отметить следующие [129, 182]:

- 1) Составление списка терминов (чаще всего это – прилагательные, но не обязательно), описывающих эмоциональную сферу (англ. *Semantic Space*). Использование тех или иных терминов может зависеть от категории продукта (автомобиль или веб-сайт), от маркетингового сегмента и характеристик целевой



аудитории и т.п. Необходимо иметь в виду, что термины могут образовывать определенную иерархию (например, «динамичный» может складываться из «быстрый», «ловкий» и т.п.), и более детальные из них обычно предпочтительнее [182, с. 43-44].

2) Разработка шкал для оценки интенсивности эмоциональных факторов, которая обычно производится исходя из 5 или 7 баллов. Шкалы могут соответствовать одному термину (например, «сильный»), либо быть полярными (например, «сильный» – «слабый»), либо базироваться на неполярных терминах (например, «сильный» – «ловкий»). Для удаления шкал, соответствующих дублирующимся для данной категории продукта или целевой аудитории терминам, может использоваться как мнение экспертов, так и результаты предыдущих экспериментов, свидетельствующие о корреляции оценок по некоторым шкалам.

3) Разработка набора параметров продукта или проектных решений (англ. *Space of Properties*), каждый из которых обычно представляет собой пару: категория (например, цвет или размер) и значение.

4) Отбор продуктов или их прототипов, которые будут оцениваться в ходе исследования. Для получения более значимых результатов желательно, чтобы параметры у тестируемых продуктов существенно различались.

5) Проведение экспериментального исследования, в ходе которого участники оценивают демонстрируемые или используемые продукты по предлагаемым шкалам.

6) Анализ полученных экспериментальных данных, с целью определения взаимосвязей между оценками эмоциональных впечатлений пользователя и параметрами интерфейса или проектными решениями.

Для моделирования поведения пользователей, проводимого в данной работе с целью изучения влияния характеристик пользователей в эмоциональном аспекте взаимодействия, был использован подход, базирующийся на методике «эмоциональной инженерии». Исходя из поставленной цели, нами не затраги-

валось исследование параметров продуктов (веб-приложений), а основной акцент был сделан на выявлении различий в субъективных оценках продуктов различными категориями пользователей.

### ***3.2 Исследование характеристик пользователей в физическом и когнитивном аспектах взаимодействия***

Выше уже описывалось применение законов Фиттса и Хика в области ЧКВ: если первый в основном характеризует двигательно-физическую составляющую взаимодействия, то второй – когнитивную. Точные движения с использованием того или иного интерфейсного устройства требуются для работы с подавляющим большинством современных интерфейсов, но вот ситуация, когда пользователь должен сделать чисто когнитивный выбор, не подкрепленный физическим взаимодействием, возникает редко. Исходя из этого, были выделены две операции, типичные для взаимодействия: 1) движение интерфейсным устройством к заранее известной пользователю цели (элементу интерфейса) и 2) выбор при помощи интерфейсного устройства заранее не известной цели (примером может являться вызов контекстного или ниспадающего меню).

Вторую операцию должно быть возможно разбить на элементарные действия, два из которых – это совершение когнитивного выбора из возникших альтернатив (т.е. определение элемента интерфейса, являющегося целью) и движение интерфейсным устройством к выбранной цели. Аналогичный подход был применен в известной работе [117], изучавшей влияние структуры меню на время выбора. В другой работе [97], изучавшей сочетание законов Фиттса и Хика, было обнаружено, что при последовательном выполнении этих действий общее время является простой суммой двух величин времени, спрогнозированных согласно данным законам; однако при других экспериментальных условиях (параллельное выполнение действий, т.е. когнитивный выбор производится после начала движения) общее время дополнительно увеличивалось, в зависимости от сложности каждого из действий.

Таким образом, можно обоснованно предположить, что если время, затрачиваемое на первую операцию, есть классическое время движения ( $MT$ ), прогнозируемое законом Фиттса (3.6), то время выбора (обозначим его как  $ST$ ), затрачиваемое на вторую, по-видимому, должно являться некоторой функцией времени когнитивного выбора ( $RT$  – реакции выбора), прогнозируемого согласно закону Хика (3.12), и времени движения к выбранной цели ( $MT$ ):

$$ST = f(RT, MT) \quad (3.14)$$

Исходя из (3.6) и (3.12), выражение (3.14) можно записать в виде:

$$ST = f(N, A, W) \quad (3.15)$$

Следовательно, время выбора заранее не известной пользователю цели должно зависеть от количества возникших альтернатив ( $N$ ), расстояния движения до выбранной цели ( $A$ ) и её размера ( $W$ ).

### 3.2.1 Описание экспериментального исследования

Эксперимент №1 состоял из двух частей, первая из которых была посвящена моделированию времени движения ( $MT$ ), а вторая – времени выбора ( $ST$ ). Обе части были спланированы с повторением исходов между участниками, среди которых были выделены различные группы исходя из характеристик возраста (пожилые и молодые пользователи), пола и опыта (только для пожилых пользователей). В соответствии с законами Фиттса и Хика, в качестве независимых переменных также использовались размер цели ( $W$ ) и расстояние до нее ( $A$ ), а также количество альтернатив на экране ( $N=2, 4$  или  $8$ ) для второй части эксперимента. Планирование эксперимента и последующий анализ полученных данных были проведены в соответствие с методическими рекомендациями, описанными в [190]. Значения  $W$  и  $A$  были подобраны так, чтобы дать 7 (в первой части) или 6 (во второй части) различных значений индекса сложности ( $ID$ ), находящихся в диапазоне от 1,58 до 7,01.

В ходе первой части эксперимента участникам отображались квадратные объекты, соответствующие начальной позиции движения и цели. Объекты были

расположены на экране монитора случайно друг относительно друга, чтобы исключить влияние такого фактора как направление движения. Задание заключалось в том, чтобы кликнуть при помощи указателя компьютерной «мыши» на начальной позиции, а затем «так быстро и точно, как возможно» переместить указатель к цели и кликнуть на ней; при этом фиксировалось затраченное на движение время ( $MT$ ) и точные координаты обоих кликов.

Во второй части эксперимента цель появлялась на экране только после того, как участник кликал «мышью» на начальной позиции, причем на экране, помимо цели, появлялось несколько ложных альтернатив (отличающихся от цели цветом и формой). Участник должен был затем «так быстро и точно, как возможно» принять решение, какая цель является нужной, а затем переместить указатель к цели и кликнуть на ней; при этом фиксировалось затраченное на решение и движение время выбора ( $ST$ ) и точные координаты обоих кликов.

В обеих частях эксперимента, если второй клик совершался за пределами цели, фиксировалась ошибка выполнения, и участник переходил к следующему исходу. Однако если текущие уровни ошибок ( $E_1$  или  $E_2$ ) превосходили 10%, участнику выдавалось сообщение, рекомендующее повысить точность выполнения задания.

В общей сложности, в эксперименте приняли участие 28 человек. Пятнадцать из них (4 мужчины и 11 женщин) были пожилыми людьми (в возрасте от 56 до 74 лет, среднее значение 63,4,  $\sigma=5,26$ ), недавними выпускниками 36-часовых курсов компьютерной грамотности, проводимых Народным факультетом Новосибирского государственного технического университета (НГТУ). Восемь из пожилых участников (53,3%) отметило отсутствие опыта работы с компьютерами и «мышью» до начала посещения курсов компьютерной грамотности. Еще 13 участников (5 мужчин и 8 женщин), более молодых (возраст от 17 до 30 лет, среднее значение 23,9,  $\sigma=4,38$ ) были набраны среди студентов бакалавриата и магистратуры Факультета бизнеса НГТУ, а также среди персонала университета. Две группы участников, пожилые и молодые пользователи, рабо-

тали с интервалом в 21 день, в одной и той же аудитории, и использовали одно и то же оборудование: стандартную компьютерную «мышь» и монитор с установленным разрешением 1024\*768 пикселей.

### 3.2.2 Результаты исследования влияния характеристик пользователей (часть I)

Поскольку для каждого из 7 значений  $ID$  было предусмотрено 15 исходов, количество исходов для каждого участника в первой части эксперимента составило 105, а общее количество полученных наборов данных – 2940. При предварительном анализе достоверности данных было отброшено 52 исхода (1,77%), в ходе которых участник совершил очевидно ошибочный клик далеко от цели или же время выполнения задания превысило 3000 мс, т.е. движение не могло быть сочтено быстрым, как того требовали задание и закон Фиттса. Среди достоверных результатов уровень ошибок, т.е. промахов мимо цели, составил 6%, что приблизительно соответствует номинальному уровню ошибок в 4%. Среднее время движения составило 922 мс,  $\sigma=503$ . В Табл. 3.1 представлены средние значения времени ( $MT$ ) и уровни ошибок ( $E_I$ ) для различных значений индекса сложности ( $ID$ ).

Таблица 3.1 – Средние  $MT$  и  $E_I$  для различных значений  $ID$

|                            |     |     |     |     |      |      |      |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| <b>ID</b>                  | 1,6 | 2,3 | 3,2 | 4,1 | 5,0  | 6,0  | 7,0  |
| <b>MT, мс</b>              | 468 | 617 | 777 | 890 | 1039 | 1247 | 1425 |
| <b><math>E_I</math>, %</b> | 3,4 | 5,6 | 4,6 | 4,8 | 5,9  | 6,8  | 11,0 |

Метод статистического дисперсионного анализа был применен, чтобы проверить влияние возрастной группы (пожилой или молодой) и пола участника на  $MT$  и  $E_I$ , а затем тот же метод был применен к данным, полученным только от пожилых участников, чтобы дополнительно оценить влияние фактора опыта на те же показатели. Результаты анализа характеристик участников представлены в Табл. 3.2 (отмечена значимость при  $\alpha=0,05$ ); кроме того, для пожи-

лых участников было также отмечено значимое взаимодействие между опытом и полом с точки зрения  $MT$  ( $F_{1,1523}=6,8$ ;  $p=0,01$ ).

Среди полученных результатов можно отметить, что пожилые люди выполняли задание в среднем почти в 2 раза медленнее своих молодых коллег (что было ожидаемо), но при этом допустили почти в 2 раза меньше ошибок; причем пожилые люди с низким уровнем опыта были в 2 раза точнее своих более опытных сверстников. Следует также заметить, что если в целом в эксперименте мужчины справлялись с заданием быстрее женщин, то среди пожилых людей ситуация была обратной.

Таблица 3.2 – Результаты анализа влияния характеристик участников на  $MT$  и  $E_I$

|                |                 | Все участники                                    |          |                                                 |        | Пожилые участники                                |         |                                                 |         |
|----------------|-----------------|--------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------|---------|
|                |                 | Группа участ-ника                                |          | Пол                                             |        | Опыт                                             |         | Пол                                             |         |
|                |                 | Пожи-лые                                         | Моло-дые | Муж.                                            | Жен.   | Норм.                                            | Низ-кий | Муж.                                            | Жен.    |
| МТ             | Значи-мость     | F <sub>1,2884</sub> =890,9;<br><b>p&lt;0,001</b> |          | F <sub>1,2884</sub> =8,1;<br><b>p=0,005</b>     |        | F <sub>1,1523</sub> =121,4;<br><b>p&lt;0,001</b> |         | F <sub>1,1523</sub> =9,3;<br><b>p=0,002</b>     |         |
|                | Оценка среднего | 1156 мс                                          | 642 мс   | 874 мс                                          | 923 мс | 1016 мс                                          | 1370 мс | 1242 мс                                         | 1144 мс |
| Е <sub>1</sub> | Значи-мость     | F <sub>1,2884</sub> =11,7;<br><b>p=0,001</b>     |          | F <sub>1,2884</sub> =17,3;<br><b>p&lt;0,001</b> |        | F <sub>1,1523</sub> =3,7;<br>p=0,06              |         | F <sub>1,1523</sub> =16,2;<br><b>p&lt;0,001</b> |         |
|                | Оценка среднего | 3,7%                                             | 7,0%     | 3,4%                                            | 7,3%   | 5,0%                                             | 2,4%    | 1,0%                                            | 6,5%    |

### 3.2.2.1 Влияние исследуемых факторов

Влияние изменяемых факторов ( $A$  и  $W$ ) было проанализировано независимо для обеих групп участников. Как и ожидалось,  $A$  существенно влияло на  $MT$ , как для пожилых, так и для молодых людей (Рис. 3.1, даны оценки средних значений времени со стандартными ошибками). В то же время, не было отмечено значимого влияния  $A$  на  $E_I$  ни для пожилых ( $F_{6,1502}=0,9$ ;  $p>0,5$ ), ни для молодых участников ( $F_{6,1336}=1,2$ ;  $p=0,29$ ).

Размер цели ( $W$ ), помимо существенного влияния на  $MT$  для обеих групп участников, также был значим с точки зрения  $E_I$ , как для пожилых ( $F_{4,1502}=5,5$ ;  $p<0,001$ ), так и для молодых ( $F_{4,1336}=2,7$ ;  $p=0,03$ ) людей. Для обеих групп было выяснено, что  $E_I$  был существенно отличающимся при  $W=8$  пикселей (Рис. 3.2, даны оценки средних значений  $E_I$  и стандартные ошибки). Значимого взаимодействия между  $A$  и  $W$  отмечено не было ни для одной из групп участников.

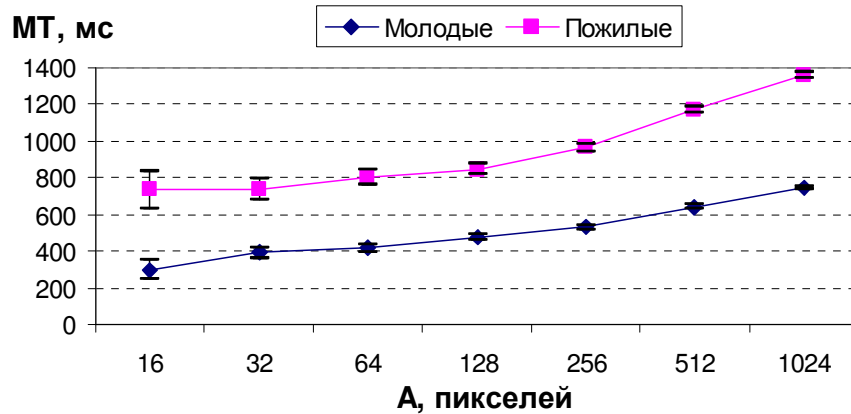


Рисунок 3.1. Время движения ( $MT$ ) в зависимости от расстояния движения ( $A$ ).

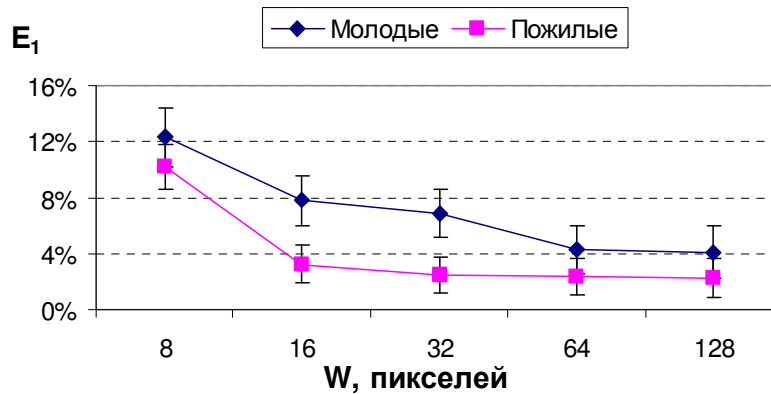


Рисунок 3.2. Уровень ошибок ( $E_I$ ) в зависимости от размера цели ( $W$ ).

Полученные результаты свидетельствуют, что и  $A$ , и  $W$ , как и ожидалось, влияют на  $MT$ , однако  $E_I$  зависит только от  $W$ , причем это верно как для молодых, так и для пожилых участников.

### 3.2.2.2 Модели для описания поведения пользователей

Прежде чем строить регрессионное уравнение согласно закону Фиттса (3.6), были вычислены так называемые «эффективные» значения для  $A$  и  $W$ , – с целью учета точности выполнения задания. Соответственно,  $A_e$  было вычислено как реальная дистанция между координатами двух кликов мыши на экране,  $W_e$  был определен исходя из распределения вторых кликов мыши относительно центра цели, как рекомендовано в [190, с.756] (однако из-за относительно небольшого количества исходов, вычисление производилось для каждого участника, а не для каждого сочетания независимых переменных). Затем, эффективный индекс сложности ( $ID_e$ ) был вычислен по формуле (3.9).

Среднее значение для  $ID_e$  составило 3,83 ( $\sigma=1,8$ ), и эффективные значения индекса сложности были использованы вместо номинальных в уравнении по закону Фиттса (3.33), параметры для которого были определены при помощи регрессии, отдельно для пожилых (уравнение (3.16),  $R^2=0,537$ ) и для молодых (уравнение (3.17),  $R^2=0,639$ ).

$$MT_{пож} = 359 + 211 * ID_e \quad (3.16)$$

$$MT_{мол} = 132 + 134 * ID_e \quad (3.17)$$

Также были построены регрессионные модели для различного уровня опыта: неопытных (уравнение (3.18),  $R^2=0,575$ ) и опытных (уравнение (3.19),  $R^2=0,612$ ) пожилых участников.

$$MT_{неопыт} = 426 + 230 * ID_e \quad (3.18)$$

$$MT_{опыт} = 279 + 192 * ID_e \quad (3.19)$$

Для фактора пола построение регрессионных моделей не производилось, поскольку в ходе предыдущего анализа было обнаружено, что его влияние на время движения различается в зависимости от возрастной группы участника.

Исходя из полученных регрессионных уравнений, описывающих скорость движения на основе закона Фиттса, можно сделать вывод о существенном



различии по фактору возраста (см. коэффициенты в уравнениях (3.16) и (3.17)) и фактору опыта (см. коэффициенты в уравнениях (3.18) и (3.19)).

Производительность ( $TP$ ), являющаяся показателем, учитывающим как скорость, так и точность выполнения задания, была вычислена для каждого участника как среднее отношений  $ID_e$  к  $MT$  для каждого из исходов (3.11). Среднее значение  $TP$  для всех участников эксперимента составило 4,58 ( $\sigma=1,46$ ). Метод статистического дисперсионного анализа был применен для определения значимости влияния возрастной группы участника, пола и опыта на его итоговую производительность. Было отмечено значимое влияние для группы участника ( $F_{1,22}=98,1$ ;  $p<0,001$ ) и уровня опыта ( $F_{1,22}=10,9$ ;  $p=0,003$ ), но не пола. Среднее значение  $TP$  для пожилых людей составило 3,29 по сравнению с 6,06 для молодых. Опытные участники показали  $TP$  равную 4,93, в то время как малоопытные – 2,77.

Была предложена регрессионная модель для  $TP$ , учитывающая факторы возраста участников ( $T$ ) и наличия низкого опыта ( $LE$ , принимает значение 0 или 1). Данная модель строилась для обеих групп участников, как пожилых, так и молодых:

$$TP = 6,308 - 0,998 * LE - 0,053 * (T - 18) \quad (3.20)$$

Полученная модель показала достаточно высокий коэффициент детерминации  $R^2=0,924$  и подтвердила значимость характеристик возраста и опыта пользователей в физическом аспекте взаимодействия.

### 3.2.3 Результаты исследования влияния характеристик пользователей (часть II)

Количество исходов для каждого участника во второй части эксперимента №1 составило 51, а общее количество полученных наборов данных, таким образом, – 1428. Как и в первой части эксперимента, были отброшены исходы, в ходе которых участник совершил очевидно ошибочный клик далеко от цели или же время выполнения задания превысило 3000 мс; количество таких исхо-

дов составило 20 (1,4%). Среди достоверных результатов уровень ошибок ( $E_2$ ), т.е. промахов мимо цели, составил 6,8%. Среднее время выполнения задания по выбору цели ( $ST$ ) составило 1049 мс,  $\sigma=444$ . В Табл. 3.3 представлены средние значения  $ST$  (в миллисекундах) и  $E_2$  (в процентах) для различных значений индекса сложности  $ID$  и количества целей  $N$ .

Таблица 3.3 – Средние значения  $ST$  (в миллисекундах) и  $E_2$  в зависимости от  $ID$  и  $N$

| <b>ID<br/>N</b> | <b>1,6</b>  | <b>2,3</b>  | <b>3,2</b>   | <b>4,1</b>   | <b>5,0</b>   | <b>6,0</b>    | <b>Среднее</b> |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|
| <b>2</b>        | 842<br>3,6% | 965<br>7,2% | 1016<br>6,4% | 1064<br>8,4% | 1238<br>7,3% | 1467<br>7,1%  | 1034<br>6,6%   |
| <b>4</b>        | 814<br>4,8% | 953<br>2,8% | 1016<br>3,7% | 1121<br>9,5% | 1259<br>7,1% | 1660<br>14,3% | 814<br>5,7%    |
| <b>8</b>        | 797<br>4,8% | 977<br>6,4% | 1020<br>9,1% | 1170<br>8,4% | 1328<br>7,1% | 1526<br>24,0% | 1061<br>8,1%   |
| <b>Среднее</b>  | 818<br>4,4% | 965<br>5,5% | 1018<br>6,4% | 1118<br>8,8% | 1275<br>7,2% | 1552<br>14,8% | 1049<br>6,8%   |

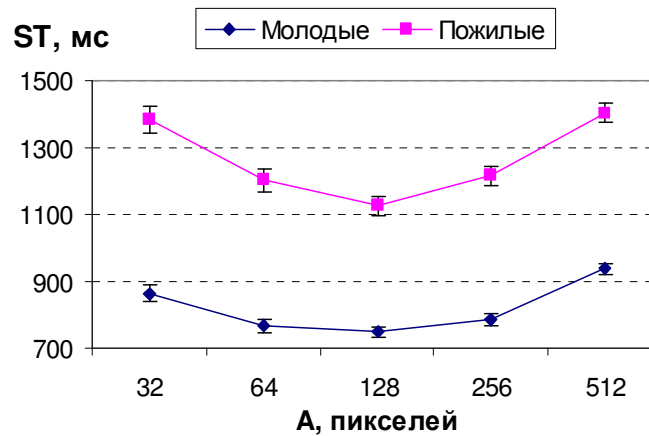
Как и в предыдущей части эксперимента, был применен метод статистического дисперсионного анализа, чтобы проверить влияние возрастной группы и пола участника на  $ST$  и  $E_2$ . Результаты анализа характеристик участников представлены в Табл. 3.4 (отмечена значимость при  $\alpha=0,05$ ); кроме того, для пожилых участников было также отмечено значимое взаимодействие между опытом и полом с точки зрения  $E_2$  ( $F_{1,742}=5,5$ ;  $p=0,019$ ).

### 3.2.3.1 Влияние исследуемых факторов

Для двух групп участников, независимо, было проанализировано влияние изменяемых факторов ( $A$ ,  $W$  и  $N$ ). Как и в первой части эксперимента, расстояние до цели ( $A$ ) существенно влияло на  $ST$  как для пожилых ( $F_{4,695}=15,4$ ;  $p<0,001$ ), так и молодых ( $F_{4,611}=30,1$ ;  $p<0,001$ ) людей (Рис. 3.3, даны оценки средних значений  $ST$  и стандартные ошибки). Значимого влияния  $A$  на  $E_2$  ни для одной из групп участников, по-прежнему, отмечено не было.

Таблица 3.4 – Результаты анализа влияния характеристик участников на  $ST$  и  $E_2$ 

|                |                 | Все участники                                    |          |                                             |         | Пожилые участники                              |         |                                            |         |
|----------------|-----------------|--------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|---------|------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|---------|
|                |                 | Группа участ-ника                                |          | Пол                                         |         | Опыт                                           |         | Пол                                        |         |
|                |                 | Пожи-лые                                         | Моло-дые | Муж.                                        | Жен.    | Норм.                                          | Низ-кий | Муж.                                       | Жен.    |
| ST             | Значи-мость     | F <sub>1,1404</sub> =365,8;<br><b>p&lt;0,001</b> |          | F <sub>1,1404</sub> =5,3;<br><b>p=0,022</b> |         | F <sub>1,742</sub> =51,6;<br><b>p&lt;0,001</b> |         | F <sub>1,742</sub> =0,96;<br>p=0,33        |         |
|                | Оценка среднего | 1238 мс                                          | 814 мс   | 1001 мс                                     | 1051 мс | 1108 мс                                        | 1400 мс | 1274 мс                                    | 1234 мс |
| E <sub>2</sub> | Значи-мость     | F <sub>1,1404</sub> =1,8;<br>p=0,18              |          | F <sub>1,1404</sub> =5,0;<br><b>p=0,026</b> |         | F <sub>1,742</sub> =8,7;<br><b>p=0,003</b>     |         | F <sub>1,742</sub> =8,5;<br><b>p=0,004</b> |         |
|                | Оценка среднего | 5,3%                                             | 7,2%     | 4,6%                                        | 7,8%    | 9,1%                                           | 2,6%    | 2,6%                                       | 9,0%    |

Рисунок 3.3.  $ST$  в зависимости от  $A$ .

Размер цели  $W$ , помимо существенного влияния на время выбора для обеих групп участников, также был значим с точки зрения уровня ошибок, как для пожилых ( $F_{3,695}=3,6$ ;  $p=0,014$ ), так и для молодых ( $F_{3,611}=2,6$ ;  $p=0,054$ ) людей, хотя значимость была ниже, чем в первой части эксперимента. Для обеих групп было выяснено, что  $E_2$  был существенно отличающимся при  $W=8$  пикселей (Рис. 3.4, даны оценки средних значений  $E_2$  и стандартные ошибки).

В ходе анализа не было обнаружено значимого влияния количества целей на экране ( $N$ ) на  $ST$  ни для пожилых ( $F_{2,695}=0,2$ ;  $p=0,834$ ), ни для молодых

участников ( $F_{2,611}=0,6$ ;  $p=0,554$ ). Однако для молодых участников было значимо влияние  $N$  на  $E_2$  ( $F_{2,611}=3,3$ ;  $p=0,039$ ), причем при  $N=4$ ,  $E_2$  был минимален и равнялся 0,041. Значимого взаимодействия между независимыми переменными отмечено не было, ни для одной из групп участников.

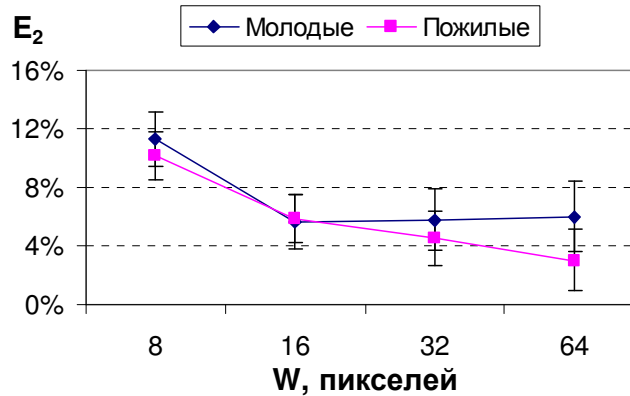


Рисунок 3.4.  $E_2$  в зависимости от  $W$ .

Среди полученных результатов можно отметить, что в отличие от первой части эксперимента, время, затрачиваемое на выполнения задания, находится не в линейной зависимости от расстояния до цели ( $A$ ), а достигает минимума в районе  $A = 128$  пикселей. Также, весьма примечательно, что  $ST$  (3.14), которое должно включать в себя время реакции  $RT$ , описываемое законом Хика (3.12), не зависело от  $N$ .

### 3.2.3.2 Модели для описания поведения пользователей

Как и в предыдущей части эксперимента, был вычислен согласно (3.9) эффективный индекс сложности ( $ID_e$ ) для каждого исхода, основываясь на эффективном расстоянии до цели ( $A_e$ ) и её эффективном размере ( $W_e$ ). Среднее значение для  $ID_e$  составило 2,89,  $\sigma=1,28$ .

Далее, основываясь на (3.15), для каждой из групп участников был проведен регрессионный анализ, где в качестве зависимой переменной выступало  $ST$ , а в качестве независимых –  $ID_e$  и логарифм количества целей ( $\log(N)$ ). Было выяснено, что  $\log(N)$  не является значимым в регрессии, ни для пожилых

( $p=0,533$ ), ни для молодых ( $p=0,112$ ) участников. Итоговые уравнения регрессии для соответствующих групп участников имели достаточно низкие коэффициенты детерминации:  $R^2=0,180$  для пожилых (3.21) и  $R^2=0,299$  для молодых (3.22).

$$ST_{пож} = 820 + 151 * ID_e \quad (3.21)$$

$$ST_{мол} = 464 + 122 * ID_e \quad (3.22)$$

Поскольку количество альтернативных целей оказалось не значимым для  $ST$ , было выдвинуто предположение, что  $RT$  в нашем случае может находиться в обратной зависимости от размера цели ( $W$ ). Действительно, данный фактор оказался значим в регрессии, как для пожилых ( $p<0,001$ ;  $R^2=0,299$ ), так и для молодых ( $p<0,001$ ;  $R^2=0,426$ ) участников:

$$ST_{пож} = 731 + 84 * ID_e + 4333/W \quad (3.23)$$

$$ST_{мол} = 417 + 76 * ID_e + 2732/W \quad (3.24)$$

Поскольку значение коэффициентов детерминации в уравнениях регрессии (3.23) и (3.24) оставалось невысоким, в модель для обеих групп участников были включены факторы возраста ( $T$ ) и низкого опыта ( $LE$ ):

$$ST = 302 + 78 * ID_e + 3625/W + 8 * (T - 18) + 275 * LE \quad (3.25)$$

Значимость всех факторов в модели оказалась высокой ( $p<0,001$ ;  $R^2=0,551$ ), причём, как и в регрессионных моделях (3.16) и (3.17), построенных для МТ, можно отметить, что пожилой возраст увеличивал время выполнения задания.

### 3.2.4 Индекс сложности выбора

Исходя из предположения, что сложность выбора находится в обратной взаимосвязи с размером цели ( $W$ ), введем индекс сложности выбора ( $IDS$ ), учитывающий как данный фактор, так и индекс сложности Фиттса (3.3):

$$IDS = ID_e + c/W, \quad (3.26)$$

где  $s$  характеризует влияние сложности принятия решения о верной цели относительно индекса сложности движения (Фиттса) и зависит от индивидуальных характеристик пользователей, условий эксперимента, используемых значений независимых переменных (размеров целей) и т.д. Значение индекса сложности выбора, предлагаемого в данном виде, растет при уменьшении размера цели, однако стремится к индексу сложности Фиттса по мере увеличения размера цели. Исходя из значений, полученных в (3.23) и (3.24), в нашем эксперименте значения  $s$  для пожилых и молодых участников составят:

$$s_{пож} = 4333/84 = 51,6 \quad (3.27)$$

$$s_{мол} = 2732/76 = 35,9 \quad (3.28)$$

Определим, при каком соотношении размеров целей сложность выбора для молодых и для пожилых участников будет равна ( $IDS_{пож} = IDS_{мол}$ ).

$$ID_{пож}^e + 51,6/W_{пож} = ID_{мол}^e + 35,9/W_{мол} \quad (3.29)$$

Подставив в (3.29) вместо  $ID_e$  его выражение (3.6), получим:

$$\log_2(A_{пож}^e / W_{пож}^e + 1) + 51,6/W_{пож} = \log_2(A_{мол}^e / W_{мол}^e + 1) + 35,9/W_{мол} \quad (3.30)$$

Поскольку влияние группы участника на уровень ошибок во второй части эксперимента не значимо, то соотношение эффективного ( $W_e$ ) и номинального размера ( $W$ ) цели для двух групп участников будет приблизительно одинаковым. Для того чтобы проверить, равны ли значения эффективного расстояния ( $A_e$ ) до цели для пожилых и молодых участников, был проведен t-тест на равенство средних значений двух независимых. Тест показал низкую значимость ( $p=0,956$ ), т.е. гипотеза о равенстве средних значений выборок не может быть отвергнута. Тогда:

$$\log_2(const/W_{пож} + 1) + 51,6/W_{пож} = \log_2(const/W_{мол} + 1) + 35,9/W_{мол} \quad (3.31)$$

Решив это уравнение относительно  $W_{пож}$  и  $W_{мол}$ , получим:

$$W_{пож} = 1,42 * W_{мол} \quad (3.32)$$

Таким образом, для того, чтобы сложность выбора цели для пожилых людей совпала со сложностью для молодых, первым необходимо работать с целью на 42% большего размера, при прочих равных условиях.

### 3.2.4.1 Производительность для задач выбора

По аналогии с  $TP$ , классической производительностью (3.11), введем производительность для задач выбора ( $TPS$ ), как среднее отношений индекса сложности выбора ( $IDS$ ) (3.26) ко времени выбора ( $ST$ ) для каждого из исходов:

$$TPS = 1/K \sum_{i=1}^K (1/M \sum_{j=1}^M \frac{IDS_{ij}}{ST_{ij}}), \quad (3.33)$$

где  $K$  – количество участников,  $M$  – количество сочетаний независимых переменных.

Для того, чтобы рассчитать значения  $IDS$  для каждого из исходов эксперимента, необходимо определить среднее значение константы  $c$  для всех участников. Для этого сначала была построена регрессия ( $p < 0,001$ ;  $R^2 = 0,240$ ), аналогичная (3.23) и (3.24), но для всех участников эксперимента, без деления на группы:

$$ST = 588 + 79 * ID_e + 3573/W \quad (3.34)$$

Тогда индекс сложности выбора в нашем эксперименте принимает вид:

$$IDS = ID_e + (3573/79)/W = ID_e + 45,3/W \quad (3.35)$$

Среднее значение  $IDS$ , рассчитанного таким образом, составило 5,84,  $\sigma = 2,76$ , а среднее значение  $TPS$  для всех участников эксперимента – 5,88,  $\sigma = 1,44$ .

Корреляция между значениями  $TP$  и  $TPS$  для участников эксперимента оказалась достаточно высокой и составила 0,924 (см. Рис. 3.5). В то же время,  $t$ -тест для парных выборок показал, что средние значения  $TP$  и  $TPS$  различаются, как для пожилых ( $p < 0,001$ ), так и для молодых ( $p < 0,001$ ) участников.

Метод статистического дисперсионного анализа был применен для определения значимости влияния возрастной группы, пола и опыта участника на его  $TPS$ . Было отмечено значимое влияние для группы участника ( $F_{1,22} = 33,1$ ;

$p < 0,001$ ) и уровня опыта ( $F_{1,22}=4,2$ ;  $p=0,052$ ), но не пола. Оценочное среднее значение  $TPS$  для пожилых людей составило 4,8 по сравнению с 7,21 для молодых. Опытные участники показали производительность выбора равную 6,25, в то время как малоопытные – 4,33.

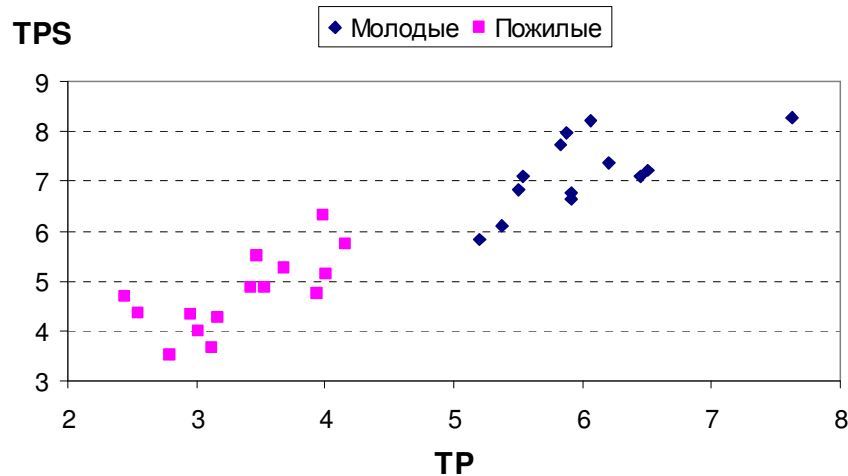


Рисунок 3.5. Взаимосвязь производительностей движения и выбора ( $TP$  и  $TPS$ ) для обеих групп участников.

Была предложена регрессионная модель для  $TPS$ , учитывающая факторы возраста участников ( $T$ ) и наличия низкого опыта ( $LE$ ). Данная модель строилась для обеих групп участников, как пожилых, так и молодых, и показала достаточно высокий коэффициент детерминации ( $R^2=0,859$ ;  $p<0,001$ ):

$$TPS = 7,499 - 1,014 * LE - 0,049 * (T - 18) \quad (3.36)$$

Интересен тот факт, что в полученном регрессионном уравнении значения коэффициентов перед факторами  $T$  и  $LE$  весьма близки к аналогичным значениям в уравнении регрессии для производительности движения  $TP$  (3.20).

В целом, можно резюмировать, что значимость влияния таких характеристик пользователей как возраст, опыт и, в меньшей степени, пол можно считать подтверждённой для физических и когнитивных аспектов взаимодействия. В следующем разделе нашей работы проводится исследование влияния данных характеристик, а также национальной (культурной) принадлежности, в рамках эмоционального аспекта взаимодействия.



### **3.3 Исследование характеристик пользователей в эмоциональном аспекте взаимодействия**

#### **3.3.1 Описание экспериментального исследования**

Согласно методике «эмоциональной инженерии», описанной в разделе 3.1.3, для эксперимента был разработан набор шкал (базирующихся на одном термине) для оценки интенсивности эмоциональных факторов. Для шкал были выбраны «высокоуровневые» термины, т.к. методика «эмоциональной инженерии» рекомендует сбор не более 200 оценок (например, 10 шкал и 20 продуктов) для представителей европейских стран [182]. Набор терминов для экспертов базировался на предложенном в [118] и включал в себя: «эстетичный» (англ. *aesthetic*), «чистый» (англ. *clean*), «недвусмысленный» (англ. *clear*), «приятный» (англ. *pleasant*), «симметричный» (англ. *symmetrical*), а также «творческий» (англ. *creative*), «очаровательный» (англ. *fascinating*), «оригинальный» (англ. *original*), «изощренный» (англ. *sophisticated*) и «использующий спецэффекты» (англ. *uses special effects*). Среднее арифметическое оценок по первым пяти из данных шкал соответствовало оценке «классического» компонента эстетики внешнего вида веб-приложения, а по последним пяти – «экспрессивному». В качестве терминов «эмоциональных шкал» для обычных участников были выбраны: «доверие, надежность» (как важный для веб-приложений фактор), «эстетичность», «удобство использования» (как неспециализированное обозначение термина «юзабилити»), «понятность» (как отражение «классического» компонента эстетики), «привлекательность» (как отражение «экспрессивного» компонента эстетики) и «общее впечатление».

В рамках следующего этапа методики «эмоциональной инженерии» был произведён отбор «продуктов», задействованных в исследовании – в данном случае в качестве него выступали веб-приложения, относящиеся к сфере электронной коммерции. Те их них, которые касались известных продуктов или

компаний, не включались в список, чтобы исключить влияние фактора лояльности к торговым маркам. После нескольких итераций список веб-приложений был сокращён до 40 наименований, но, тем не менее, максимально сохранялось разнообразие внешнего вида и стилей дизайна, а также предлагаемых продуктов и услуг.

В ходе предварительной стадии эксперимента, профессиональные дизайнеры оценили веб-приложения (исходя из 7 баллов) по десяти разработанным для них шкалам (оценки веб-приложений по «классическому» и «экспрессивному» компонентам эстетики представлены на Рис. 3.6). После анализа оценок, данных профессиональными дизайнерами, список веб-приложений был сокращен до 25 наименований, с целью предотвращения утомления пожилых участников эксперимента и получения более качественных результатов.

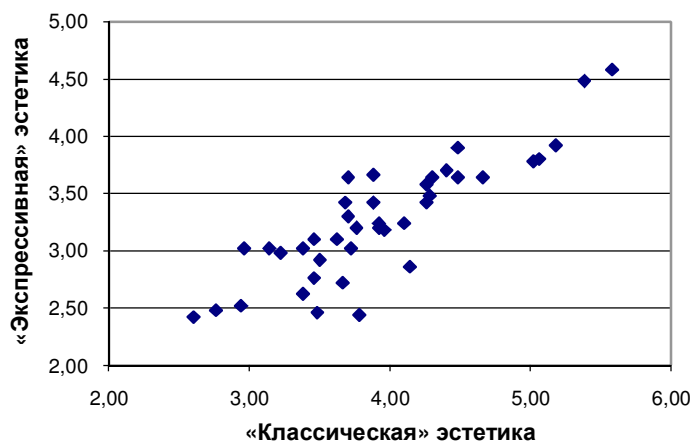


Рисунок 3.6. Оценки веб-приложений по компонентам «классической» и «экспрессивной» эстетики.

В исследовании принимали участие представители двух стран: Ю. Кореи (44 человека) и России (52 человека), относящиеся к двум возрастным группам (подробная информация представлена в Табл. 3.5). Кроме того, для экспертной оценки веб-приложений были задействованы 10 профессиональных веб-дизайнеров (Ю. Корея), опыт которых в предметной области варьировался от 2 до 7 лет (среднее значение 4,2 года,  $\sigma=1,99$ ).

Пожилые участники из Ю. Кореи были отобраны среди посетителей социального центра (г. Пусан), в котором и был проведён эксперимент, а молодые – из числа студентов университета Kyungsung University (г. Пусан). Пожилые российские участники были набраны среди слушателей Народного факультета Новосибирского государственного технического университета (НГТУ), причём эксперимент проводился во время одного из плановых занятий по курсам компьютерной грамотности, а молодые – из числа студентов 3го курса Факультета бизнеса НГТУ. Все участвовавшие в эксперименте делали это добровольно и осознанно, предварительно прослушав описание эксперимента, и в знакомой обстановке.

Таблица 3.5 – Участники эксперимента №2

| Страна   | Возрастная группа | Количество участников (из них женщин) | Возрастной диапазон | Средний возраст ( $\sigma$ ) |
|----------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Ю. Корея | Пожилые           | 25 (15)                               | 60–75               | 66,84 (4,18)                 |
|          | Молодые           | 19 (10)                               | 25–42               | 32,68 (4,10)                 |
| Россия   | Пожилые           | 27 (20)                               | 60–75               | 66,22 (3,64)                 |
|          | Молодые           | 25 (17)                               | 19–22               | 19,96 (0,68)                 |

Перед непосредственным проведением эксперимента, были собраны данные, касающиеся опыта участников в использовании информационных технологий (ИТ) и веб-приложений сферы электронной коммерции (ЭК). В Табл. 3.6 представлена информация об опыте участников из Ю. Кореи, а в Табл. 3.7 – из России, причём в обеих таблицах количество пожилых людей в каждой подгруппе указано в скобках.

Таблица 3.6 – Опыт участников (Ю. Корея) в использовании ИТ и ЭК

| Использование веб-приложений ЭК | Ежедневное пользование Интернетом, в часах |             |        |             |
|---------------------------------|--------------------------------------------|-------------|--------|-------------|
|                                 | 0                                          | 2 или менее | 3–4    | 5 или более |
| Никогда                         | 5 (5)                                      | 12 (12)     | 2 (2)  | -           |
| Иногда                          | -                                          | 4 (3)       | 3 (1)  | 2 (0)       |
| Часто                           | -                                          | 4 (2)       | 10 (0) | 2 (0)       |

Основными независимыми переменными в главной части эксперимента являлись внешний вид веб-приложений и оценки, данные им дизайнерами по «классическому» и «экспрессивному» компонентам эстетики, а также национальность, возрастная группа и пол участников. Зависимыми переменными – оценки участниками веб-приложений (исходя из 5 баллов) по шкалам «эстетичность», «понятность», «привлекательность», «удобство использования», «доверие, надежность» и «общее впечатление».

Таблица 3.7 – Опыт участников (Россия) в использовании ИТ и ЭК

| Использование веб-приложений ЭК | Ежедневное пользование Интернетом, в часах |             |       |             |
|---------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------|-------------|
|                                 | 0                                          | 2 или менее | 3–4   | 5 или более |
| Никогда                         | 21 (21)                                    | 15 (4)      | 2 (0) | 1 (0)       |
| Иногда                          | -                                          | 11 (1)      | 1 (0) | -           |
| Часто                           | -                                          | -           | 1 (1) | -           |

### 3.3.2 Результаты исследования влияния характеристик пользователей (часть III)

Общее количество собранных наборов данных, полученных в результате оценивания девятию шестью участниками двадцати пяти веб-приложений по шести шкалам, составило 14257 из 14400 возможных (99%). Средние значения оценок по шкалам и среднеквадратичные отклонения (в скобках) для различных групп участников и шкал представлены в Табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Оценки веб-приложений по «эмоциональным» шкалам для различных групп участников

| Шкала                  | Ю. Корея    |             | Россия      |             |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                        | Пожилые     | Молодые     | Пожилые     | Молодые     |
| Эстетичность           | 3,37 (0,82) | 2,72 (0,98) | 3,25 (1,24) | 3,29 (1,05) |
| Понятность             | 3,42 (0,76) | 3,02 (1,03) | 3,10 (1,33) | 3,52 (1,01) |
| Привлекательность      | 3,18 (0,80) | 2,50 (0,90) | 3,17 (1,30) | 3,17 (1,11) |
| Удобство использования | 3,27 (0,81) | 2,89 (1,01) | 2,94 (1,31) | 3,39 (1,03) |
| Доверие, надежность    | 3,20 (0,80) | 2,88 (1,01) | 2,79 (1,26) | 3,07 (1,11) |
| Общее впечатление      | 3,25 (0,73) | 2,92 (0,96) | 3,07 (1,29) | 3,31 (1,02) |

Для проверки качества собранных оценок был применён метод статистического дисперсионного анализа, который показал, что для всех групп участников оценки существенно различались в зависимости от шкалы и веб-приложений (Табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Значимость влияния шкал и веб-приложений на оценки для всех групп участников

| Фактор               | Ю. Корея                        |                                 | Россия                          |                                 |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                      | Пожилые                         | Молодые                         | Пожилые                         | Молодые                         |
| Шкала                | $F_{5,3594}=10,4$<br>$p<0,001$  | $F_{5,2682}=19,6$<br>$p<0,001$  | $F_{5,3781}=13,4$<br>$p<0,001$  | $F_{5,3600}=16,2$<br>$p<0,001$  |
| Веб-приложение       | $F_{24,3594}=26,8$<br>$p<0,001$ | $F_{24,2682}=17,9$<br>$p<0,001$ | $F_{24,3781}=42,8$<br>$p<0,001$ | $F_{24,3600}=21,1$<br>$p<0,001$ |
| Шкала*веб-приложение | $p=0,699$                       | $p=0,308$                       | $p>0,999$                       | $p=0,851$                       |

### 3.3.2.1 Анализ шкал

С целью выявления взаимосвязей «эмоциональных» шкал, был применён метод факторного анализа (метод главных компонент) с выделением двух факторов для каждой из категорий участников. Результаты проведенного анализа (нагрузки и процент объясняемой дисперсии для факторов Ф1 и Ф2, полученных после вращения методом варимакс) представлены в Табл. 3.10, а графическая интерпретация – на Рис. 3.7.

Прежде всего, можно отметить, что «общее впечатление» у большинства групп участников имеет сопоставимую нагрузку по обоим факторам, что дополнительно раз свидетельствует о качестве полученных в ходе эксперимента оценок. Кроме того, для пожилых участников из обеих стран шкалы «эстетичность» и «доверие, надежность» имеют максимальную нагрузку по двум различным выделенным факторам. Данный результат позволяет предположить, что для этой возрастной группы эстетическая оценка веб-приложения и субъективное доверие к нему соответствуют двум относительно независимым эмо-

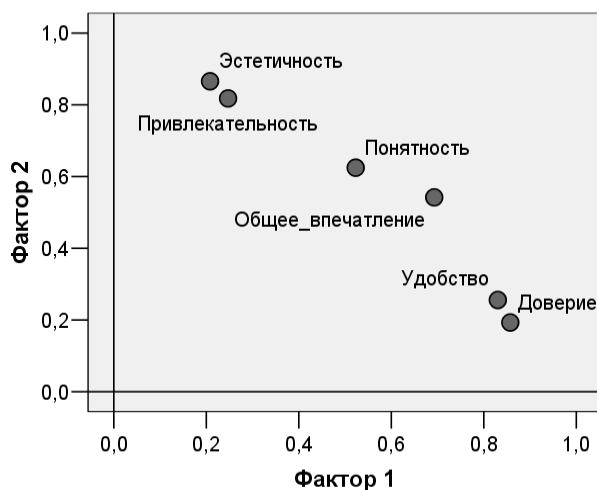
циональным впечатлениям. Для молодых участников эксперимента не было выявлено столь однозначной структуры эмоциональных впечатлений (так, шкала «привлекательности» для молодых участников из Ю. Кореи имеет высокую нагрузку по фактору, который, однако, объясняет относительно малый процент дисперсии), поэтому в дальнейшем анализе внимание будет уделено исследованию оценок всех групп пользователей по шкалам «эстетичность» и «доверие, надежность».

Таблица 3.10 – Результаты факторного анализа шкал для различных групп участников

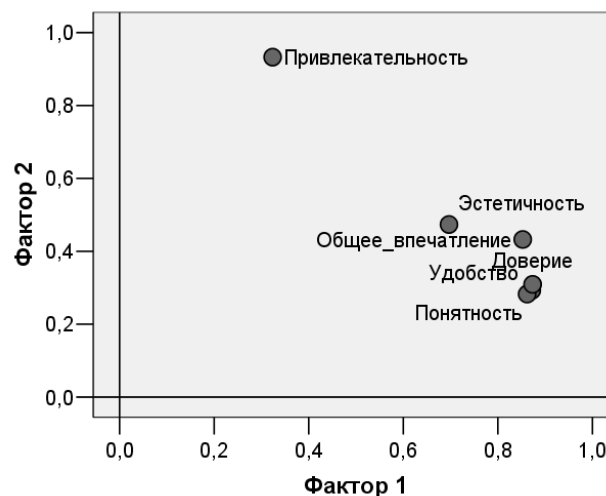
| Шкала                           | Ю. Корея     |              |              |              | Россия       |              |              |              |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                 | Пожилые      |              | Молодые      |              | Пожилые      |              | Молодые      |              |
|                                 | Ф1           | Ф2           | Ф1           | Ф2           | Ф1           | Ф2           | Ф1           | Ф2           |
| Эстетичность                    | 0,208        | <b>0,866</b> | 0,697        | 0,474        | 0,439        | <b>0,869</b> | <b>0,875</b> | 0,324        |
| Понятность                      | 0,523        | 0,625        | <b>0,872</b> | 0,292        | 0,702        | 0,617        | 0,396        | <b>0,803</b> |
| Привлекательность               | 0,247        | <b>0,818</b> | 0,324        | <b>0,933</b> | 0,541        | <b>0,803</b> | <b>0,853</b> | 0,383        |
| Удобство использования          | <b>0,830</b> | 0,256        | <b>0,862</b> | 0,283        | <b>0,817</b> | 0,511        | 0,339        | <b>0,865</b> |
| Доверие, надежность             | <b>0,857</b> | 0,193        | <b>0,873</b> | 0,309        | <b>0,858</b> | 0,433        | 0,636        | 0,593        |
| Общее впечатление               | 0,693        | 0,542        | 0,853        | 0,432        | 0,675        | 0,674        | 0,751        | 0,572        |
| <b>Объясненная дисперсия, %</b> | 38,0         | 36,7         | 59,7         | 25,7         | 47,3         | 44,7         | 45,6         | 38,7         |
|                                 | <b>74,8</b>  |              | <b>85,4</b>  |              | <b>92,0</b>  |              | <b>84,3</b>  |              |

### 3.3.2.2 Влияние исследуемых факторов

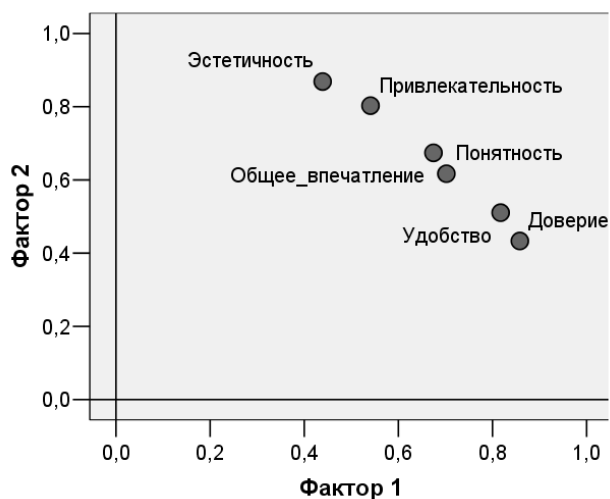
Метод многомерного дисперсионного анализа был применён, чтобы исследовать влияние индивидуальных характеристик участников (возрастная группа, пол, национальность) на оценки, данные ими веб-приложениям по шкалам «эстетичность» и «доверие, надежность» (результаты анализа представлены в Табл. 3.11, отмечена значимость при  $\alpha=0,05$ ).



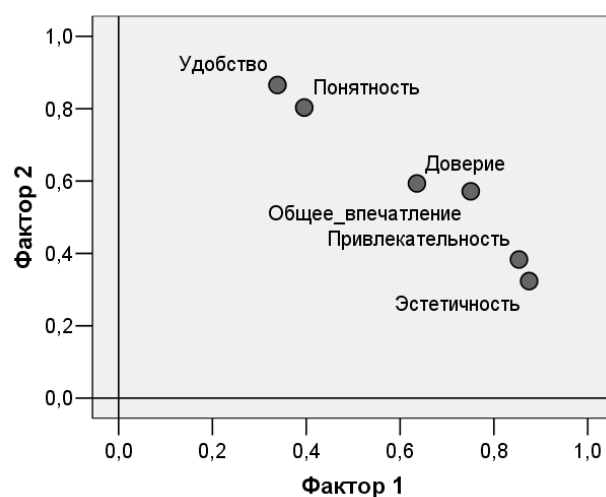
а) Ю. Корея, пожилые участники



б) Ю. Корея, молодые участники



в) Россия, пожилые участники



г) Россия, молодые участники

Рисунок 3.7. Графические результаты факторного анализа шкал для различных групп участников.

Далее, все пожилые участники были разделены на две подгруппы: с нормальным и с низким уровнем опыта (соответствует участникам, не имевшим опыта использования ни Интернета, ни веб-приложений ЭК). Затем метод многомерного дисперсионного анализа был применён по отдельности к пожилым участникам из двух различных стран, чтобы исследовать влияние факторов

опыта и пола на оценки по шкалам «эстетичность» и «доверие, надежность» (результаты представлены в Табл. 3.12, отмечена значимость при  $\alpha=0,05$ ).

Таблица 3.11 – Влияние характеристик участников на оценки эстетичности и доверия

| <b>Зависимая переменная</b><br><b>Независимая переменная</b> | «Эстетичность»                                      | «Доверие,<br>надежность»                            |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Возрастная группа                                            | $F_{1,2583}=62,5$<br><b><math>p&lt;0,001</math></b> | $F_{1,2583}=4,3$<br><b><math>p=0,04</math></b>      |
| Пол                                                          | $F_{1,2583}=13,5$<br><b><math>p&lt;0,001</math></b> | $F_{1,2583}=38,8$<br><b><math>p&lt;0,001</math></b> |
| Национальность                                               | $F_{1,2583}=45,6$<br><b><math>p&lt;0,001</math></b> | $F_{1,2583}=0,7$<br>$p=0,42$                        |

Таблица 3.12 – Влияние характеристик пожилых участников на оценки эстетичности и доверия

|                 | <b>Зависимая переменная</b><br><b>Независимая переменная</b> | «Эстетичность»                                     | «Доверие,<br>надежность»                      |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Ю. Корея</b> | Опыт                                                         | $F_{1,620}=12,4$<br><b><math>p&lt;0,001</math></b> | $F_{1,620}=0,9$<br>$p=0,34$                   |
|                 | Пол                                                          | $F_{1,620}=2,5$<br>$p=0,11$                        | $F_{1,620}=6,6$<br><b><math>p=0,01</math></b> |
| <b>Россия</b>   | Опыт                                                         | $F_{1,866}=3,7$<br>$p=0,055$                       | $F_{1,866}=7,0$<br><b><math>p=0,01</math></b> |
|                 | Пол                                                          | $F_{1,866}=0,1$<br>$p=0,81$                        | $F_{1,866}=3,3$<br>$p=0,07$                   |

Анализ влияния независимых переменных позволяет сделать вывод, что возрастная группа и пол оказывают наибольшее влияние на различие оценок по основным «эмоциональным» шкалам, что подтверждает значимость данных индивидуальных характеристик пользователей в эмоциональном аспекте взаимодействия. Влияние характеристик национальности и опыта в использовании ИТ является несколько менее выраженным.



### 3.3.2.3 Модели поведения пользователей

Метод статистического регрессионного анализа был применён для определения зависимости оценок по шкалам «эстетичность» ( $Est$ ) и «доверие, надежность» ( $Tr$ ) от «классического» ( $A_{CL}$ ) и «экспрессивного» ( $A_E$ ) эстетического компонента веб-приложений, оцененных профессиональными дизайнерами на предварительной стадии эксперимента (результаты представлены в Табл. 3.13, отмечена значимость при  $\alpha=0,05$ ).

На основании уравнений регрессии, представленных в Табл. 3.13, можно сделать вывод, что «экспрессивный» компонент эстетики ( $A_E$ ) оказывает негативное влияние на субъективные оценки эстетичности и доверия (особенно для пожилых людей) или же не является значимым. Следует также отметить, что коэффициенты  $R^2$  в регрессионных уравнениях, построенных для пожилых участников, оказались существенно ниже, чем для молодых, что может свидетельствовать о том, что эмоциональные впечатления пожилых людей описываются некими иными факторами, не включенными в «классический» и «экспрессивный» компоненты эстетики в нашем эксперименте.

Таблица 3.13 – Результаты регрессионного анализа оценок эстетичности и доверия для различных групп участников

|                 |                | «Эстетичность»                                                           | «Доверие, надежность»                                                   |
|-----------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ю. Корея</b> | <b>Пожилые</b> | $Est = 3,03 + 0,49A_{CL} - 0,49A_E$<br>$F_{2,22}=3,91; p<0,05; R^2=0,26$ | $Tr = 2,90 + 0,38A_{CL} - 0,36A_E$<br>$F_{2,22}=4,25; p<0,05; R^2=0,28$ |
|                 | <b>Молодые</b> | $Est = 0,83 + 0,48A_{CL}$<br>$F_{2,22}=24,5; p<0,001; R^2=0,69$          | $Tr = 1,46 + 0,56A_{CL}$<br>$F_{2,22}=20,4; p<0,001; R^2=0,65$          |
| <b>Россия</b>   | <b>Пожилые</b> | $Est = 3,09 + 0,70A_{CL} - 0,79A_E$<br>$F_{2,22}=2,66; p=0,09; R^2=0,20$ | $Tr = 2,70 + 0,55A_{CL} - 0,63A_E$<br>$F_{2,22}=2,83; p=0,08; R^2=0,20$ |
|                 | <b>Молодые</b> | $Est = 2,05 + 0,61A_{CL}$<br>$F_{2,22}=11,7; p<0,001; R^2=0,52$          | $Tr = 2,51 + 0,52A_{CL} - 0,45A_E$<br>$F_{2,22}=6,87; p<0,01; R^2=0,39$ |

Далее, при помощи регрессионного анализа была определена зависимость общей оценки эмоционального впечатления от веб-приложения ( $O$ ) от оценок «эстетичности» ( $Est$ ), «понятности» ( $Ord$ ), «привлекательности» ( $P$ ), «удобства» ( $U$ ) и «доверия» ( $Tr$ ), а также индивидуальных характеристик участников – возрастной группы ( $Eld$ , 0 для молодых и 1 для пожилых), пола, национальности и уровня опыта. Факторы пола, национальности и уровня опыта оказались не значимыми (при  $\alpha=0,1$ ), а остальные факторы имели высокую степень значимости ( $p<0,001$ ). Итоговая регрессия также показала высокую степень значимости ( $F_{6,2536}=2076$ ;  $p<0,001$ ;  $R^2=0,831$ ) и имела вид:

$$O = 0,11 + 0,188 * Est + 0,148 * Ord + 0,217 * P + 0,179 * U + 0,262 * Tr - 0,094 * Eld \quad (3.37)$$

Анализируя полученное уравнение (3.37), следует отметить, что коэффициент для фактора доверия имеет наибольшее значение, что подтверждает важность данного фактора с точки зрения общего эмоционального восприятия веб-приложений. Из всех рассмотренных индивидуальных характеристик значимым оказался только фактор возраста, на основании чего можно сделать вывод о значимости данной характеристики в эмоциональном аспекте взаимодействия.

### 3.4 Выводы

По результатам экспериментального исследования влияния характеристик пользователей проведенного в главе 3, можно сделать выводы о том, что рассмотренные характеристики: возраста, опыта, пола, национальной (культурной) принадлежности оказывают существенное, хотя и не всегда однозначное, влияние в физическом, когнитивном и эмоциональном аспектах ЧКВ. Исходя из полученных результатов, так и дополнительного обзора источников (см. [52, 54, 57, 83]), была сформирована итоговая структура влияния характеристик пользователей на различные показатели качества интерфейса и в различных аспектах взаимодействия. По главе 3 можно отметить, в частности, следующие выводы:

1. Участники из возрастной группы пожилых людей выполняли задания, связанные с движением, в среднем почти в 2 раза медленнее своих молодых

коллег (что было ожидаемо), но при этом допустили почти в 2 раза меньше ошибок, при этом пожилые люди с низким уровнем опыта были в 2 раза точнее своих более опытных сверстников. Тем не менее, итоговое влияние возраста и низкого опыта на производительность выполнения задач по движению и выбору было негативным.

2. Было определено, что для предотвращения резкого увеличения количества ошибок, допускаемых при выполнении задач по движению (см. Рис. 3.2) и выбору объектов (см. Рис. 3.4), желательный размер элементов интерфейса составляет не менее 8 пикселей (для разрешения 1024\*768 на 17-дюймовом мониторе), а отношение среднего расстояния движения мыши к размеру элемента интерфейса – не менее 16.

3. Были введены понятия индекса сложности выбора (3.26) и производительности выбора (3.33), которые могут использоваться для моделирования поведения пользователей в части задач по выбору объектов, распространенных в современных веб-интерейсах. С использованием введенных понятий было выявлено (3.32), что для того, чтобы сложность выбора цели для пожилых людей совпала со сложностью для молодых, первым необходимо работать с целью на 42% большего размера, при прочих равных условиях.

4. При помощи метода факторного анализа (см. Рис. 3.7) были определены наиболее значимые компоненты (шкалы) эмоционального восприятия веб-приложений пожилыми пользователями, а именно субъективное эстетическое впечатление, доверие и удобство. Для молодых участников эксперимента однозначной структуры эмоциональных впечатлений выявлено не было. Построенные для показателя общего эмоционального восприятия веб-приложений модели показали, что «экспрессивный» компонент эстетики оказывает негативное влияние на субъективные оценки эстетичности и доверия или же не является значимым.

На основании полученных результатов и построенных моделей в главе 4 уточняется структура онтологии и формулируется ряд рекомендаций по проектированию, с добавлением их в базу знаний ИС.

## Глава 4. Построение интеллектуальной системы и «портала знаний»

Как отмечалось в главе 2, основное назначение первой версии ИС – оценка применимости использованных методов инженерии знаний для решения реальных задач в выбранной предметной области. Объем знаний, содержащихся в системе, может быть относительно невелик (несколько десятков фреймов, правил или примеров), но достаточен для проведения тестирования, которое заключается в выявлении возможных недостатков в подходе и реализации [11, с. 55]. Глава 4 описывает средства реализации, наполнение базы знаний, программную реализацию системы, а затем использование её для решения практической задачи и оценку качества полученного решения. Соответствующие результаты опубликованы в работах [61, 55, 60, 5, 176, 48].

### 4.1 Детализация структуры онтологии и функционирование ИС

#### 4.1.1 Детализация характеристик целевых пользователей

Исходя из полученных результатов, выводы по которым обобщены в главе 3, возможно провести детализацию таких классов онтологии как *Target user* и *User attribute* (см. Рис. 2.4) за счёт добавления конкретные характеристик пользователя. Рассмотренные факторы, показавшие свою значимость, были добавлены в онтологию (Рис. 4.1) как подклассы класса *User attribute*, а именно: *User age* («Возраст пользователя»), *User experience* («Опыт пользователя»), *User nationality (culture)* («Национальная (культурная) принадлежность пользователя») и *User gender* («Пол пользователя»).



Опыт пользователя был дополнительно детализирован на подклассы: *IT experience* («Опыт использования ИТ в целом»), *Domain experience* («Опыт в предметной области») и *Website experience* («Опыт взаимодействия с веб-приложением»). Кроме того, на основании обзора литературы, как возможные значения слота *other user attribute* («прочие характеристики пользователя») были добавлены еще два класса, в некотором смысле также детализирующие опыт пользователя: *User education level* («Уровень образования пользователя») и *User thesaurus* («Тезаурус пользователя»). Как отмечалось ранее, помимо индивидуальных характеристик пользователя, влияние на процесс взаимодействия могут также оказывать факторы контекста использования – исходя из этого, в онтологию было добавлено два промежуточных класса, *Personal user attribute* («Индивидуальная характеристика пользователя») и *Use context* («Контекст использования системы»)

Контекст использования был, в свою очередь, также детализирован с точки зрения взаимодействия с веб-приложениями (см. Рис. 4.2), что нашло своё воплощение в добавленных классах *User acces point* («Место доступа пользователя»), *User internet access* («Тип интернет-доступа пользователя»), *User screen resolution* («Разрешение экрана пользователя») и *User web browser* («Веб-браузер пользователя»).

#### 4.1.2 Класс «Пожилой пользователь» (*Elder user*)

Поскольку проведённое в главе 3 исследование подтвердило, что пожилые люди должны рассматриваться в качестве особой категории пользователей, в онтологии был создан класс *Elder user* («Пожилой пользователь»), являющийся подклассом класса *Target user*. Также был создан экземпляр класса *User age range* («Диапазон возраста пользователя»), соответствующий возрасту старше 60 лет, со следующими значениями слотов:

```
name = «возраст пожилого пользователя» (elder user age)
age from = 60
```

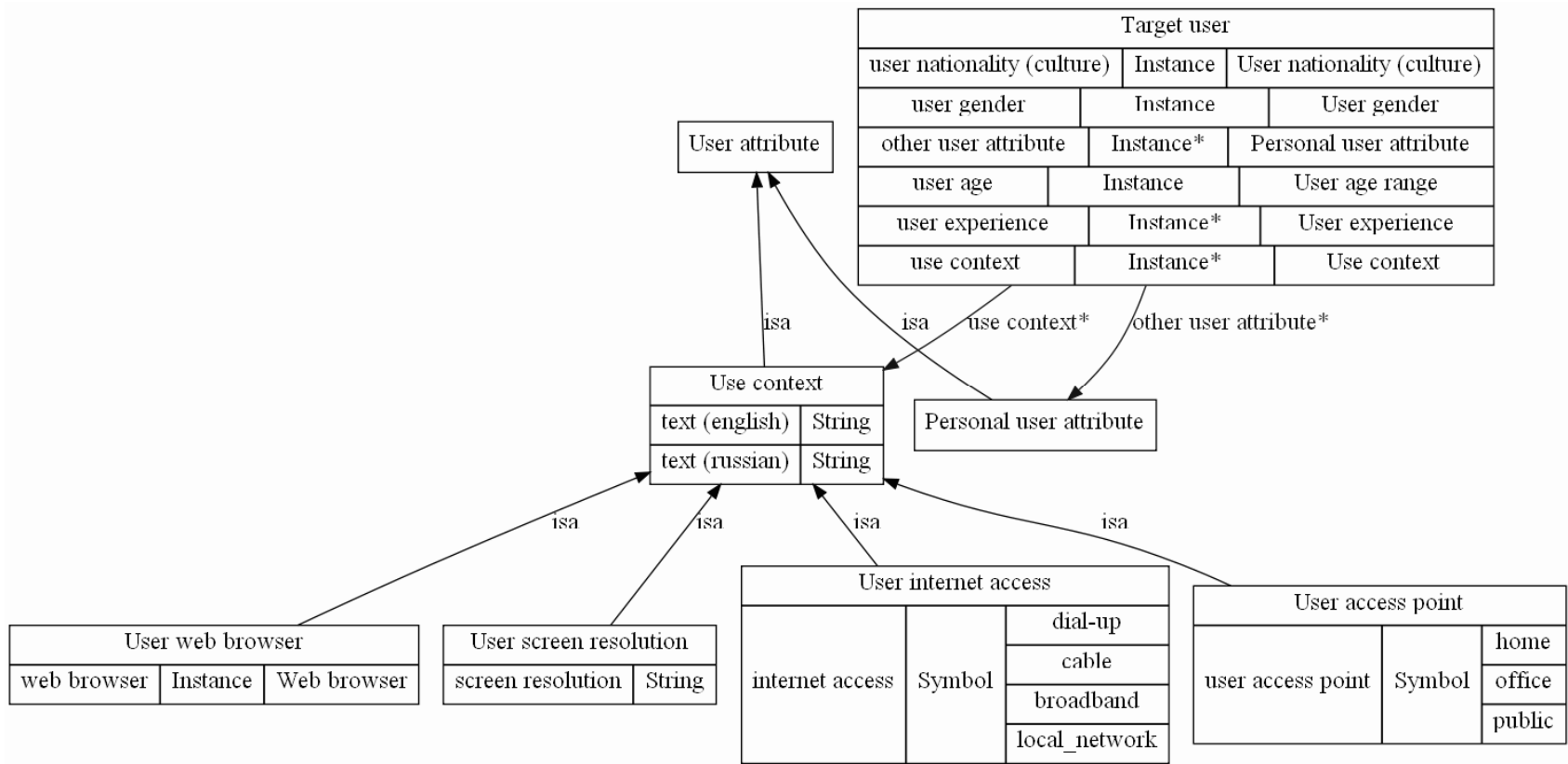


Рисунок 4.2. Детализированная структура классов *Target user* и *Use context*.

Также был создан экземпляр класса *IT experience* («Опыт в сфере ИТ»), соответствующий низкому опыту в сфере ИТ, свойственному пожилым людям, со следующими значениями слотов:

name = «низкий опыт в сфере ИТ» (*low IT experience*)

experience level = novice

Данные экземпляры классов заданы в качестве значений по умолчанию для соответствующих слотов класса *Elder user* (см. Рис. 4.3).

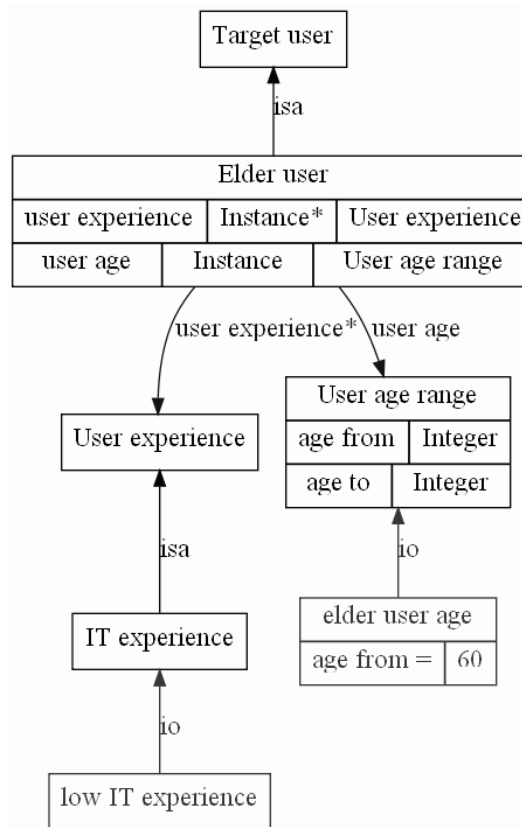


Рисунок 4.3. Класс *Elder user* и значения слотов по умолчанию.

### 4.1.3 Субъективная удовлетворенность пользователя

Исходя из результатов проведённого исследования эмоционального аспекта взаимодействия, класс «субъективная удовлетворённость пользователя» был расширен посредством наиболее значимых эмоциональных факторов: доверия и эстетического впечатления. Таким образом, в онтологию были добав-



лены классы *Trust impression* («Восприятие доверия») и *Aesthetic impression* («Восприятие эстетичности»), см. Рис. 4.4.

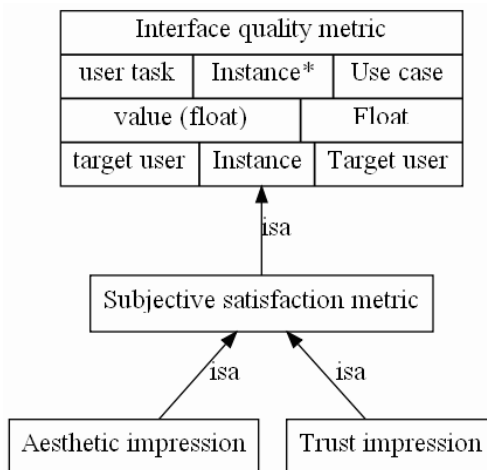


Рисунок 4.4. Детализированная структура класса *Subjective satisfaction metric*.

#### 4.1.4 Типовые требования и сервисы веб-приложений

На основе мнения экспертов и анализа текстологических источников [136, с.5], было сформулировано несколько типовых функциональных требований для веб-приложений, относящихся к сфере электронной коммерции, которые были добавлены в базу знаний ИС как экземпляры класса *Functional requirement* (Табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Созданные в БЗ экземпляры класса *Functional requirement*

| Идентификатор | Класс-родитель                | Значение слотов                                                 |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| FunReq_1      | <i>Functional requirement</i> | name = «Представление информации о компании или торговой марке» |
| FunReq_2      | <i>Functional requirement</i> | name = «Представление информации о товарах и услугах»           |
| FunReq_3      | <i>Functional requirement</i> | name = «Продажа товаров или услуг онлайн»                       |

На основе анализа существующих веб-приложений, был составлен перечень сервисов (разделов), типичных для веб-приложений электронной коммерции (*E-commerce website*) и образовательных учреждений (*Educational website*),

представленный в Табл. 4.2 (знак «+» означает определённое наличие сервиса для веб-приложения, а знак «?» – что такое наличие вероятно, но окончательное решение должно быть принято членом команды разработчиком, работающим с ИС).

Таблица 4.2 – Сервисы (разделы) и их связь с типами веб-приложений и функциональными требованиями

| Имя класса                               | Описание                                               | E-commerce website |              |              | Educa-<br>tional<br>website |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------------------|
|                                          |                                                        | Fun<br>Req_1       | Fun<br>Req_2 | Fun<br>Req_3 |                             |
| <i>Homepage</i>                          | Главная страница                                       | +                  | +            | +            | +                           |
| <i>News / events</i>                     | Новости / события сайта                                | ?                  | +            | +            | +                           |
| <i>About us</i>                          | Раздел «О нас»                                         | +                  | ?            | +            | +                           |
| <i>Contacts</i>                          | Раздел «Контакты»                                      | +                  | ?            | +            | +                           |
| <i>Services</i>                          | Раздел «Услуги»                                        | ?                  | +            | ?            |                             |
| <i>Catalogue</i>                         | Раздел «Каталог»                                       |                    | ?            | +            |                             |
| <i>Sitemap</i>                           | Карта сайта                                            |                    | ?            | +            | +                           |
| <i>Help</i>                              | Помощь по сайту                                        |                    | ?            | +            | +                           |
| <i>Q&amp;A</i>                           | Вопросы и ответы                                       | ?                  |              | ?            | ?                           |
| <i>Forum</i>                             | Веб-форум                                              | ?                  |              | ?            | ?                           |
| <i>Search</i>                            | Поиск по сайту                                         | ?                  | ?            | +            | +                           |
| <i>Shopping cart</i>                     | Подсистема «Корзина»                                   |                    | ?            | +            |                             |
| <i>Payment system</i>                    | Подсистема оплаты                                      |                    |              | +            |                             |
| <i>Delivery system</i>                   | Подсистема доставки                                    |                    |              | +            |                             |
| <i>Advertisement</i>                     | Подсистема рекламы                                     | ?                  | ?            | +            | ?                           |
| <i>CMS / back-office</i>                 | Подсистема администрирования сайта / обработки заказов | ?                  | +            | +            | +                           |
| <i>User registration</i>                 | Подсистема регистрации посетителей                     |                    |              | +            | ?                           |
| <i>Email confirmations / newsletters</i> | Подсистема оповещений по эл. почте / рассылок          | ?                  | ?            | +            |                             |

| Имя класса                      | Описание                                | E-commerce website |           |           | Educational website |
|---------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|
|                                 |                                         | Fun Req_1          | Fun Req_2 | Fun Req_3 |                     |
| <i>Departments / facilities</i> | Раздел «Подразделения»                  | ?                  |           |           | +                   |
| <i>Faculty / staff</i>          | Раздел «Персонал»                       | ?                  |           |           | +                   |
| <i>Curriculum</i>               | Учебный план / расписание               |                    |           |           | +                   |
| <i>Tutorials</i>                | Учебные материалы                       |                    |           |           | +                   |
| <i>Alumni / employment</i>      | Раздел «Выпускники» / «Трудоустройство» |                    |           |           | +                   |
| <i>Projects / research</i>      | Раздел «Проекты» / «Научная работа»     | ?                  |           |           | ?                   |
| <i>Majors / programs</i>        | Раздел «Специальности» / «Программы»    |                    |           |           | +                   |
| <i>Admission</i>                | Раздел «Поступление»                    |                    |           |           | +                   |

Соответствующие классы были добавлены в онтологию в качестве подклассов *Website service (section)*, а связь сервисов с типами веб-приложений и функциональными требованиями – реализована в виде правил продукционной модели, содержащихся в БЗ интеллектуальной системы.

#### 4.1.5 Функционирование ИС

Основные классы, задействованные в работе системы, а также взаимосвязи между ними, представлены на Рис. 4.5.

Итоговый процесс работы проектировщика интерфейсов с интеллектуальной системой можно описать следующим образом:

##### I. Этап, соответствующий анализу требований к программному продукту:

1) Системой создаётся экземпляр нового проекта (класса *HCI engineering task*), для которого входной информацией должны быть заполнены значения слотов, реализующих ассоциативные отношения с классами *Target user* и *Requirement*, а выходной – с классами *Guideline* и *Web interface design*.

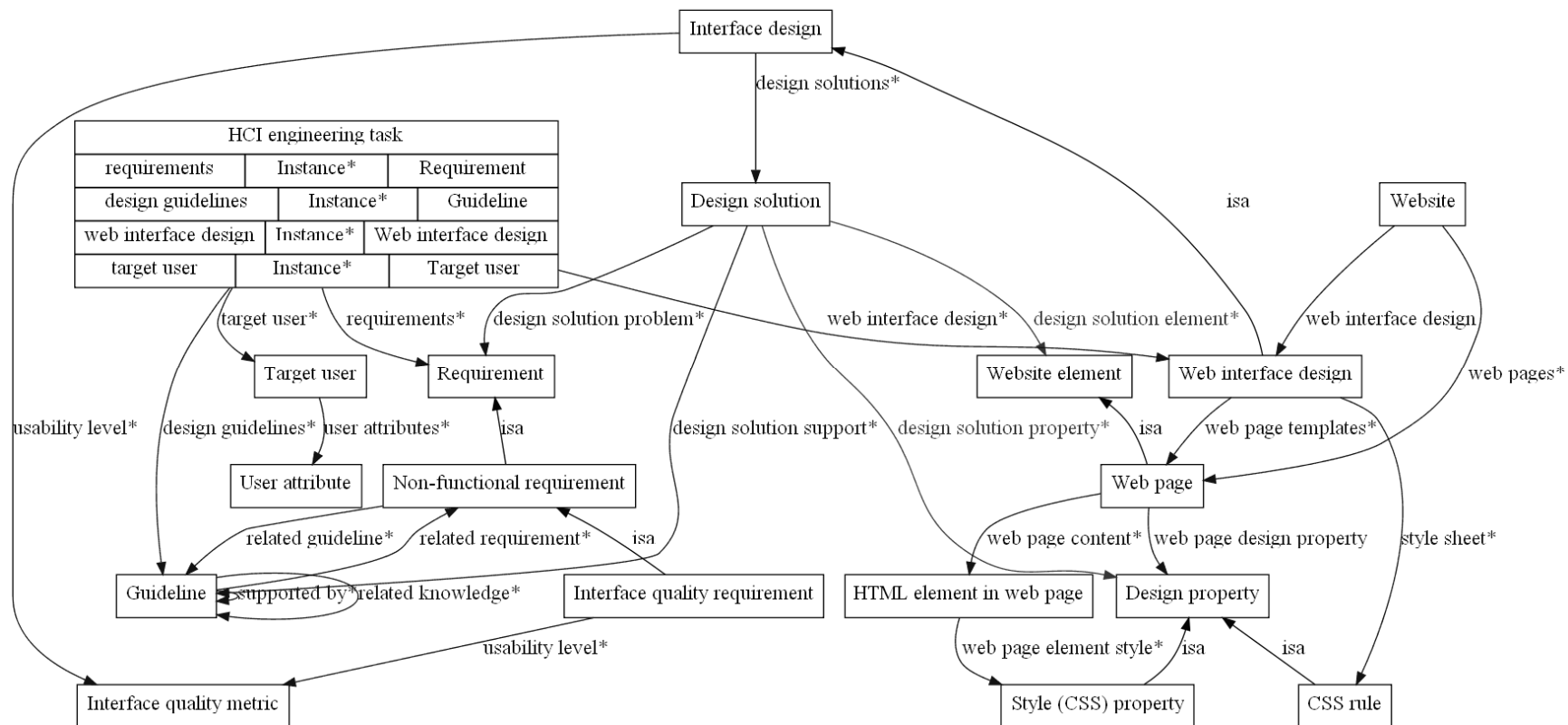


Рисунок 4.5. Фрагмент онтологии с основными классами, задействованными в работе ИС.

2) Проектировщиком задаются целевой пользователь продукта (класс *Target user*), его характеристики (*User attribute*) и контекст использования продукта (*Use context*). Перечень запрашиваемых системой характеристик был определен в ходе специального исследования (см. главу 3).

3) Проектировщиком задаются требования к продукту (*Requirement*) – как посредством выбора из предлагаемых системой вариантов (например, для типа веб-приложения), так и в виде текста на естественном языке.

## **II. Этап, соответствующий проектированию интерфейса:**

4) Система производит анализ текста требований на естественном языке, с извлечением из него терминов, присутствующих в словаре ( $Eq(b_i)$ ). Результатом анализа является набор базовых терминов ( $B$ ), описывающих требования к программному продукту.

5) Система формирует набор терминов ( $Pr$ , значений слота *project tag* класса *HCI engineering task*), описывающих контекст проекта с точки зрения проектирования взаимодействия. Данный итоговый набор состоит из базовых терминов, соответствующих заданному целевому пользователю и его характеристикам, явно указанным требованиям (например, типу веб-приложения), а также полученных по результатам анализа текста требований.

6) Система формирует выходной набор рекомендаций, упорядоченных по степени релевантности по отношению к контексту конкретного проекта или по сравнительной эффективности рекомендаций (определяется исходя из влияния рекомендаций на показатели качества интерфейса).

7) Система формирует логическое представление прототипа интерфейса программного продукта. Данное представление представляет собой упорядоченную иерархическую последовательность узлов веб-страницы (экземпляры класса *Web page node*), а также соответствующих им стилей оформления (экземпляры класса *CSS declaration*).

### **III. Этап, соответствующий непосредственной реализации интерфейса:**

8) Система формирует выходной прототип интерфейса в виде кода на языке HTML и каскадной таблицы стилей CSS. Генерация кода прототипа интерфейса однозначно определяется его логическим представлением и конфигурационными значениями, хранимыми в БЗ (для экземпляров *Web page element*).

9) Проектировщик получает доступ к выходной информации системы и промежуточной информации (сохранённому файлу проекта). Набор рекомендаций представляется с использованием объясняющего компонента ИС: позволяет сортировку, фильтрацию по базовым терминам, переход к обоснованию рекомендаций и знаниям других уровней (законы, принципы).

### **IV. Этап, соответствующий тестированию интерфейса:**

10) В ходе разработки проектировщиком окончательной версии интерфейса (экземпляров *Interface design*), как правило осуществляется создание и тестирование с целевыми пользователями, выполняющими определенные задачи, одного или нескольких промежуточных вариантов. Полученные оценки их уровней юзабилити (слот *usability level* класса *Interface design*) могут быть сохранены в ИС как значения показателей качества интерфейса, существующих в системе (экземпляры *Interface quality metric*). Таким образом, ИС позволяет отслеживать изменение показателя юзабилити различных вариантов интерфейса, в зависимости от воплощаемых в них проектных решений.

11) На основе хранимых в ИС показателей качества интерфейсов и экспертных оценок степени воплощения рекомендаций в каждом из интерфейсов, может автоматически рассчитываться сравнительная эффективность рекомендаций (см. раздел 2.4.2).

## **4.2 Выбор средств реализации ИС**

Для реализации ИС на основе выбранных в предыдущих разделах моделей представления знаний, был проведён обзор существующих средств разработки ИС (сравнительный анализ дан, например, в [191] или [27]). После рас-

смотрения популярных инструментов для создания онтологий: Protégé (<http://protege.stanford.edu>), созданного в Стэнфордском университете, HOZO (<http://www.hozo.jp>), совместно разрабатываемого группой организаций в Японии, OntoStudio (<http://www.ontoprise.de>), принадлежащего немецкой фирме ontoprise GmbH, наш итоговый выбор был остановлен на редакторе фреймовых онтологий Protégé-Frames, по следующим причинам:

1) Полное соответствие выбранным моделям представления знаний: поддержка онтологий, основанных на фреймах, а также производного компонента за счёт интеграции с языком CLIPS (подробнее описывается ниже).

2) Увязка функциональности Protégé-Frames с разработанной и широко применяемой на практике методологией создания онтологий [170].

3) Модульная расширяемая архитектура редактора и широкие возможности импорта и экспорта данных (XML, HTML, RDF, OWL – см. описание в [32], [13]).

4) Для Protégé разработана концепция совместной работы нескольких пользователей (англ. *collaborative Protégé*) [194], которая нашла своё воплощение в частности, в версии редактора, работающей как веб-приложение (см. [195]), что может быть использовано при создании веб-портала знаний, описанного ранее.

5) Редактор является открытым и бесплатным продуктом (англ. *open source*), находится в активной разработке и имеет подробную документацию.

Редактор Protégé-Frames использует язык онтологий KIF (Knowledge Interchange Format), соответствующий стандарту Common Logic, а в качестве внутреннего формата данных применяет расширенный формат CLIPS. В качестве основного отношения между классами в Protégé используется иерархическое ( $R_{ISA}$ ), с наследованием, а прочие отношения ( $R_{ASS}$ ) реализуются через слоты, значениями которых могут являться  $D_{class}$  или  $D_{instance}$ . В Protégé присутствует возможность редактирования метаонтологии (см. [11, с.290]), что позволяет изменять такие мета-фреймы как «класс», «слот», «отношение» и т.д. Так, в

нашем случае всем элементам из множества экземпляров  $F_E$  был добавлен слот «название» (*name*).

Protégé имеет ряд модулей расширений, реализующих представление онтологии посредством графических нотаций (визуализации): Ontoviz, Jambalaya, TGVizTab и др. Так, модуль Ontoviz способен отображать (в несколько изменённом виде) не только диаграмму видовой классификации (*Classification Schematics*), композиционную схему (*Composition Schematics*) и схему взаимосвязей (*Relation Schematics*) из нотации IDEF5 [64], но и слоты и их значения для фреймов-классов и фреймов-экземпляров.

Одним из расширений редактора Protégé является CLIPSTab [115], модуль интеграции с языком разработки экспертных систем CLIPS (C Language Integrated Production System). Язык CLIPS, который разрабатывался с 1985 г. космическим агентством NASA (США), в настоящее время находится в свободном доступе, а основное его назначение – создание интеллектуальных систем, в первую очередь на базе продукционной модели (см. [73]). Хотя в последнее время активного развития языка CLIPS как такового не происходит, на его основе были созданы такие средства как JESS (реализация языка разработки экспертных систем на Java) и FuzzyCLIPS (среда для разработки систем, использующих нечёткую логику), что подтверждает популярность среды CLIPS и адекватность основных подходов, заложенных в ней.

При помощи специального модуля CLIPSTab, онтология была преобразована в объектно-ориентированную структуру данных компонента COOL, являющегося одним из расширений языка разработки экспертных систем CLIPS (C Language Integrated Production System). Среда CLIPS позволяет реализацию интеллектуальных систем на базе продукционной модели и имеет встроенный механизм вывода (решатель) с управлением очередности выполнения правил (см. [40]), т.е. способна поддерживать все компоненты предложенной гибридной модели представления знаний.



Следует отметить, что возможности CLIPS в плане организации пользовательского интерфейса являются весьма ограниченными (фактически, доступен только текстовый режим), однако существует возможность запуска механизма вывода через веб-сервер, работающий под управлением ОС Unix. Это позволяет совместное использование CLIPS с современными языками создания динамических веб-страниц (например, PHP) и, соответственно, организацию веб-интерфейса для ИС (реализован в рамках «портала знаний»).

### **4.3 Наполнение базы знаний ИС**

В определённом смысле база знаний – это онтология, содержащая конкретные знания предметной области: экземпляры классов, правила вывода и т.д. В данном разделе описывается наполнение БЗ системы знаниями: рекомендациями по проектированию ЧКВ (экземпляры класса *Guideline* и сопутствующие классы) и правилами вывода (*P*).

#### **4.3.1 Рекомендации по проектированию**

Одним из важнейших направлений наполнения базы знаний ИС является создание в ней экземпляров класса *HCI knowledge representation class* («Класс представления знания в сфере ЧКВ»), т.е. практических рекомендаций относительно проектирования ЧКВ для веб-приложений и обоснований этих рекомендаций (законы, принципы, источники и т.д.). В уже упоминаемой ранее работе [76], проведён разбор, какого рода знание целесообразно относить к практическим рекомендациям (шаблонам проектирования), – отмечается, что такое знание должно быть по возможности не тривиальным, а отражать широкий подход и быть полезным даже для опытного проектировщика [76, с. 63].

Наполнение БЗ рекомендациями осуществлялось в два этапа, поскольку перед проведением трудоемкого полномасштабного анализ текстологических источников необходимо было удостовериться в практической применимости

предложенного в ИС решения. Исходя из этого, в ходе первого этапа в БЗ были внесены знания из сферы проектирования ЧКВ, сформулированные по результатам исследования, проведённого в главе 3, или относящиеся к особым категориям пользователей (использовались текстологические источники [164], [50] и [52]). Полный перечень созданных экземпляров классов со значениями соответствующих слотов представлен в Приложении 2.

После того, как практическая применимость прототипа ИС была оценена положительно, по результатам анализа более широкого круга текстологических источников, в БЗ были добавлены рекомендации а) для всех типов веб-приложений (источники [136], [196], [203], [166], [138]); б) для веб-приложений электронной коммерции (источники [136], [184]); в) для веб-приложений электронного правительства и гос. услуг (источники [30], [43]); г) для сайтов образовательных учреждений. Общее количество дополнительных рекомендаций, внесённых в БЗ, составило 129, а их перечень с указанием индексирующих базовых терминов также представлен в Приложении 2.

#### **4.3.2 Правила вывода ( $P$ )**

В БЗ системы были добавлены следующие категории правил вывода, отражающих знания в предметной области проектирования ЧКВ для веб-приложений (полный перечень приведён в Приложении 3):

1. Правила для задания характеристик целевого пользователя (множество  $P_U \subset P$ ): персональных характеристик и контекста использования. В основном базируются на эвристиках – например, демографических данных о том, что большинство пожилых пользователей сети Интернет в России имеют высшее образование или веб-статистике, позволяющей сделать вывод о минимальном разрешении экрана у российского пользователя.

2. Правила для задания перечня сервисов (разделов) веб-приложения ( $P_W \subset P$ ). Основаны на экспертных знаниях о наборах сервисов веб-приложений в зависимости от их типа и функциональных требованиях (см. Табл. 4.2).

3. Правила для задания контекста проекта ( $P_{Pr} \subset P$ ) и правила формирования набора рекомендаций ( $P_G \subset P$ ). Термины, описывающие контекст проекта, формируются исходя из терминов (выбираемых из множества  $B$ ), полученных по результатам анализа требований к продукту, характеристик целевого пользователя, а также типа веб-приложения и перечня сервисов. Кроме того, предусмотрены правила для расширения контекста проекта на основе рекомендаций: например, для пожилых пользователей особую значимость имеет размер элементов интерфейса (термин *Size*) и цветовая гамма (термин *Color*); а в сфере электронной коммерции наиболее важное субъективное впечатление – доверие (термин *Trust impression*). Затем по терминам осуществляется выборка рекомендаций, в текущей версии ИС – на основе простого совпадения между терминами контекста проекта и терминами, поставленными в соответствие рекомендациям.

4. Правила для формирования прототипа веб-интерфейса ( $P_I \subset P$ ). С помощью правил данной группы, исходя из характеристик целевых пользователей, перечня сервисов веб-приложения и рекомендаций по проектированию, формируется логическое представление прототипа веб-интерфейса, основывающееся на экземплярах классов *Web page node* (отражает структуру HTML-документа в соответствии с Document Object Model), *CSS rule* и *CSS declaration* (отражают визуальное представление веб-страницы).

#### 4.4 Реализация ИС

Механизм вывода на знаниях в гибридной продукционно-фреймовой модели включает:

1. Механизм создания структуры фреймов-фактов и конечных элементов множества  $F$ . Для обеспечения возможности использования фреймов-фактов  $f \in F$ , представляющих текущую информацию в системе, был реализован механизм, осуществляющий копирование структуры онтологии (фреймов-классов

из  $C$  и фреймов-слотов из  $S$ ) в прототипы фактов. При этом в структуру каждого такого прототипа, за исключением тех, которые соответствуют классам подмножества  $C_{abstract}$ , предусмотрено добавление слота с именем  $Name_f$ , значение которого служит идентификатором для факта и используется при навигации по сети фреймов. Механизм создания фреймов-фактов из прототипов аналогичен созданию фреймов-экземпляров из классов онтологии.

2. Механизм наследования, в том числе множественного, и создания фреймов-экземпляров – реализован средствами решателя, в котором поддерживается объектная модель, позволяющая классам-потомкам и фреймам-экземплярам из  $E$  наследовать у класса-родителя  $C_{parent}$  структуру слотов, а также методы. Наследуются не только типы слотов, но и значения по умолчанию (соответствуют «заданиям отсутствия» фреймовой модели), а решатель при создании факта  $f \in F$  или экземпляра  $e \in E$  способен сам подобрать начальное значение для слота.

3. Механизм логического вывода является основным механизмом решателя. Данный механизм представляет собой реализацию алгоритма прямого логического вывода (от фактов к заключениям) на основе обобщенного правила Modus Ponens, применяемого к хорновским базам знаний:

$$\frac{a'_1, a'_2, \dots, a'_n, (a_1, a_2, \dots, a_n \Rightarrow d)}{Subst(\theta, d)}, \quad (4.1)$$

где  $\theta$  – унификатор – множество подстановок значений переменных, присутствующих в левой части правила, получаемый из условия  $Subst(\theta, a'_i) = Subst(\theta, a_i), i = 1, \dots, n$ . Результатом применения обобщенного правила Modus Ponens является  $Subst(\theta, d)$  – оператор применения подстановок  $\theta$  к выражению  $d$ . На каждом шаге алгоритма прямого логического вывода, решатель пытается применить каждое правило из множества  $P$  к текущему состоянию системы, – а именно, пытаясь унифицировать конъюнкты левой части с каждым элементом множеств  $F$  и  $E$  (за исключением экземпляров классов, имеющих встроенное свойство неучастия в логическом выводе). Для обеспечения навигации по сети фреймов, используются как уникальные идентификато-

ры  $Name_e$  и  $Name_f$  каждого фрейма-факта  $F_F$ ), так и специальные служебные классы (*instance-address* и *fact-address*). Существует возможность управления порядком применения правил, исходя из явно заданного значения для соответствующего свойства правила, или через настройки механизма вывода (например, стратегии разрешения конфликтов). Работа механизма логического вывода завершается, когда алгоритм достиг «фиксированной точки» и ни одного из ранее неиспользованных правил не может быть применено.

4. Интерфейс взаимодействия с пользователем интеллектуальной системы (ввод информации, объясняющий компонент и т.д.) вынесен в портал знаний, а, соответственно в «ядре» системы реализован интерфейс взаимодействия с порталом, которое осуществляется через файлы установленной структуры (в формате CLIPS). На входе механизм вывода получает файлы с фактами  $F$ , соответствующими характеристикам целевого пользователя и терминами из множества  $B$ , описывающими требования к разрабатываемому продукту. На выходе создается файл проекта, содержащий итоговые характеристики проекта (например, набор сервисов веб-приложения), перечень терминов из  $B$ , описывающих контекста проекта, набор соответствующих им рекомендаций, а также логическое представление прототипа веб-интерфейса.

5. Механизм расширения функционирования решателя имеет три составляющих: логическую (дополнительные правила вывода  $P$ ), процедурную (пользовательские функции) и объектно-ориентированную (механизм отправки «сообщений» фреймам-экземплярам, обеспечивающий инкапсуляцию).

#### 4.4.1 Основной блок ИС

Правила вывода ( $P$ ) были реализованы в соответствующей программе (фрагмент текста представлен в Приложении 4) в среде CLIPS Windows 6.24, включающей в себя механизм вывода (прямой логический вывод со стратегией разрешения конфликтов *Depth*).

В начале своего исполнения программа осуществляет загрузку в среду классов (экспортированных из редактора Protégé-Frames с использованием модуля расширения CLIPSTab) и экземпляров онтологии, которые рассматриваются как условно-постоянная информация, соответствующая знаниям предметной области. Условно-переменная информация, порождаемая в ходе работы программы, представлена неупорядоченными (структурированными) фактами, в CLIPS задаваемыми при помощи конструкции *deftemplate*.

Входной информацией для программы является файл на языке CLIPS (*projectname.req-tags.clp*), содержащий результаты поиска терминов в требованиях к веб-приложению, и файл на языке CLIPS (*projectname.user.clp*), содержащий характеристики целевых пользователей.

Основной задачей программы является создание, на основе входной информации, файла проекта, хранящего:

- 1) входную и служебную информацию о проекте;
- 2) термины предметной области, описывающие контекст проекта;
- 3) выходную информацию: рекомендации по проектированию и логическое представление прототипа веб-интерфейса.

Входная и служебная информация о проекте соответствует экземплярам классов *HCI engineering task*, *Website*, *Target user*, *Use context*, *User attributes*, *Requirement* и т.д. Перечень базовых терминов предметной области, описывающих контекст проекта с точки зрения проектирования ЧКВ, формируется из содержания результатов файла *projectname.req-tags.clp*, а также на основе введенных данных о целевом пользователе программного продукта. ИС выбирает рекомендации по проектированию, а информация, введенная пользователем системы в диалоговом режиме и полученная в результате применения правил вывода, позволяет сформировать логическое представление прототипа веб-интерфейса, основывающееся на экземплярах классов *Web page node*, *CSS rule* и *CSS declaration*. Данное логическое представление может быть преобразовано в веб-страницу на языке HTML и набор стилей оформления CSS посредством

специально разработанного генератора прототипа веб-интерфейса, описанного далее.

#### 4.4.2 Присоединенные процедуры ИС

Функциональность анализа требований к программному продукту (с извлечением из текста базовых терминов онтологии) была реализована как относительно независимый модуль, для обеспечения возможности использования различных алгоритмов и разработок, в том числе сторонних, с последующим сравнением по показателям качества информационного поиска (точность, полнота) и удовлетворенности пользователей ИС. Так, в качестве собственного решения была разработана специальная присоединенная процедура *searchMatches* (программа на языке сценариев PHP), а альтернативой является решение, основанное на компоненте Alex (подсистема извлечений терминов предметной области из текста), предоставленном автору диссертации в ознакомительных целях Институтом систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН.

Входной информацией для модуля анализа текста может являться текст на естественном языке (при этом подразумевается, что каждое требование содержится в отдельной текстовой строке, а приоритетности требований равны), а для собственного решения – ещё и файл на языке CLIPS, содержащий требования в следующем формате:

```
(deftemplate requirement
  (slot name) ; название (тема) требования
  (slot text) ; содержание (текст) требования
  (slot priority) ; приоритетность требования,  $priority_i \in [0;1]$ 
)
```

Выходной информацией является файл на языке CLIPS, содержащий результаты поиска терминов, хранящихся в онтологии (*B*), в названиях и текстах требований. Файл имеет следующий формат:

*(deftemplate requirement+tag*

*(slot tag) ; термин, упоминание которого обнаружено в требованиях*

*(multislot occurrence) ; приоритетности требований, в которых встретился термин*

*)*

Термины из данного файла включаются в перечень базовых терминов, описывающих контекст проекта с точки зрения проектирования ЧКВ. При этом релевантность ( $r_i$ ) для каждого термина может быть рассчитана как:

$$r_i = \log_2(1 + n * \sum_i priority_i), \quad (4.2)$$

где  $n$  – количество находений базового термина в тексте требований.

Для расчёта эффективности рекомендаций согласно описанной в разделе 2.4.2 модели, для ИС была создана специальная присоединенная процедура *conversion*.

Наконец, для перехода от логического представления прототипа веб-интерфейса к его представлению в виде кода на языке разметки гипертекста HTML с визуальным оформлением при помощи набора стилей CSS, была также разработана программа на языке сценариев RHP. Программа осуществляет синтаксический и семантический анализ корректности входной информации (файла проекта), переводит неупорядоченные факты языка CLIPS в структуры данных языка RHP и создаёт файлы выходной информации (причём содержание веб-страницы может быть представлено, по выбору пользователя, на русском или английском языке), а также осуществляет обработку рекомендаций и их упорядочивание для выдачи проектировщику.

В итоге схему работы ИС при создании нового проекта можно представить так, как показано на Рис. 4.6.



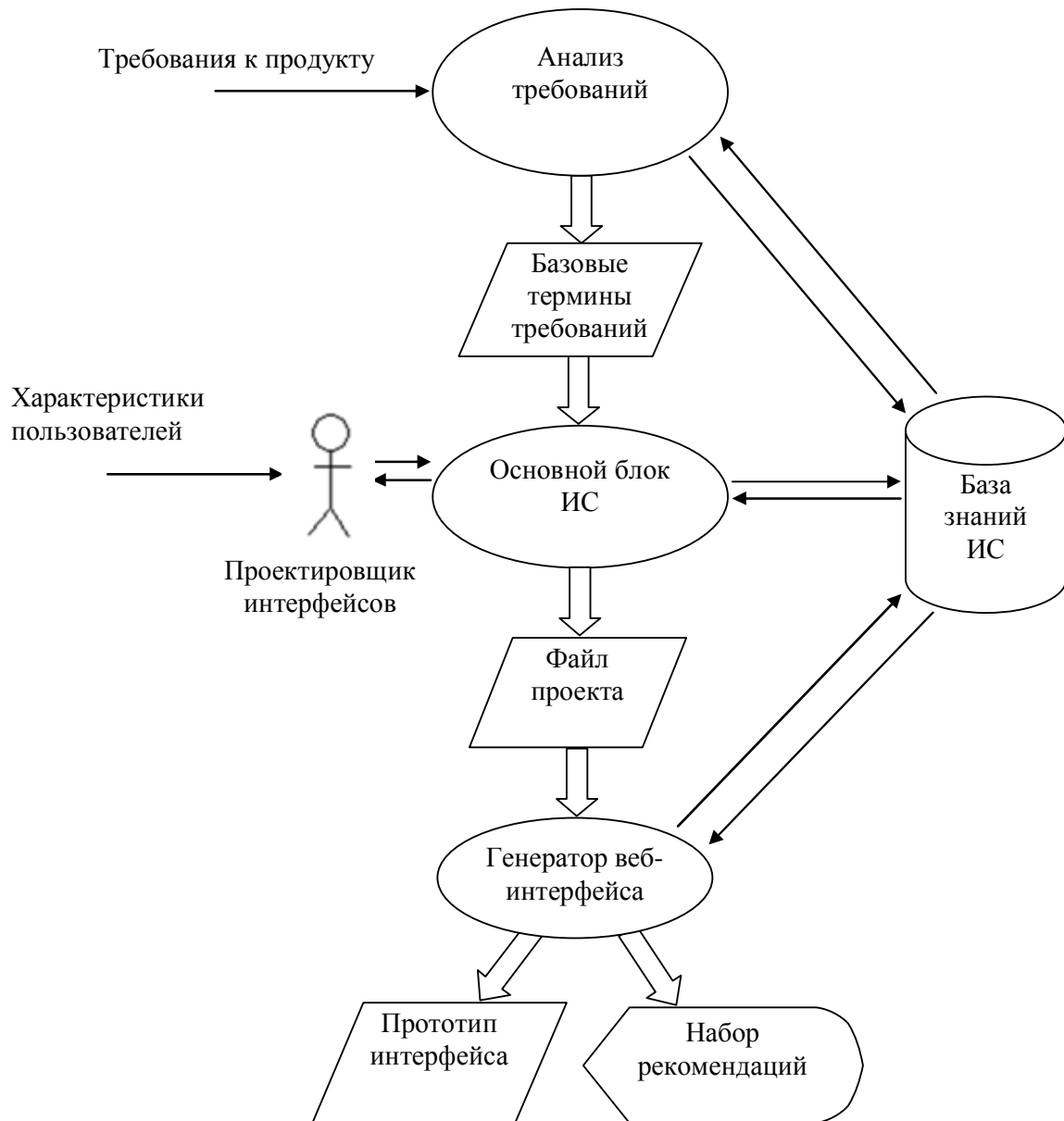


Рисунок 4.6. Схема работы ИС при создании нового проекта.

#### 4.4.3 Портал знаний

В качестве платформы для реализации портала знаний, реализующего интеллектуальный интерфейс ИС, была выбрана бесплатная и свободно распространяемая каркасная система управления содержимым (англ. *content management framework*) Drupal. Данная система написана на языке PHP и предоставляет возможности как быстрого построения веб-сайтов и веб-страниц требуемой структуры, так и использования дополнительных программных модулей на

языке PHP. Описанные выше программы, разработанные для анализа текста требований, расчёта эффективности рекомендаций и генерации прототипа интерфейса, были интегрированы в веб-сайт (портал знаний), созданный на основе Drupal и размещённый для открытого доступа в сети Интернет по адресу <http://clips.vgroup.su>.

Текущая версия портала реализует следующие функции:

1. Реестр рекомендаций: просмотр всех рекомендаций, хранимых в БЗ, с возможностью выборки по базовым терминам онтологии. Данный механизм также используется как объясняющий компонент ИС – для отображения набора рекомендаций, сформированного для конкретного проекта.

2. Расчёт эффективности рекомендаций: возможность ввода значений, используемых при расчёте эффективности рекомендаций (соответствие проектов веб-интерфейсов рекомендациям и оценка по показателям качества). Доступ разрешён только для администраторов портала.

3. Новый проект: выбор существенных параметров проекта с точки зрения ЧКВ, получение результата в виде прототипа веб-интерфейса (HTML, CSS) и упорядоченного набора рекомендаций, соответствующего сформированному системой контексту проекта.

- 3.1. Задание характеристик целевого пользователя: осуществляется при помощи специально разработанной веб-формы портала, поля ввода которой соответствуют параметрам персональным характеристикам пользователя и контекста использования, определённым в онтологии проектирования ЧКВ. По результатам заполнения формы, при помощи программы на языке PHP создаётся файл с соответствующими неупорядоченными фактами на языке CLIPS.

- 3.2. Анализ требований: получение результатов анализа текста требований к программному продукту (из загружаемого файла CLIPS, аналогичной структуры, вводимой в веб-форму, или простого текста) в формате языка CLIPS для дальнейшего использования в проекте.

4. Реестр проектов: перечень проектов, хранимых в системе, с возможностью управления ими, просмотра характеристик целевых пользователей продукта и результата анализа текста требований, а также сгенерированного прототипа веб-интерфейса и сформированного набора рекомендаций.

## **4.5 Практическое применение ИС для проектирования ЧКВ**

В качестве одной из практических задач для оценки применимости ИС был выбран проект по созданию официального веб-приложения для Народного факультета (НФ) Новосибирского государственного технического университета (НГТУ). Данное подразделение, основанное в 2002 году при участии Ассоциации выпускников НЭТИ/НГТУ, предлагает лицам пенсионного возраста бесплатную годовичную образовательную программу, включающую в себя, в частности, обучение «компьютерной грамотности» [29]. За период 2002-2010 гг. образование на факультете получили более 1 тыс. пенсионеров, а эффективность обучения пенсионеров использованию компьютера, которое производится в малых группах по 8 человек, была подтверждена исследованиями. Действительно, бытующие стереотипы о том, что представители данной категории пользователей не могут научиться использовать ИТ или относятся к ним без заинтересованности, негативно или с предубеждением, не подтверждаются исследованиями, проведенными в различных странах мира (см. обзор в [56]).

### **4.5.1 Задание входной информации для ИС**

На основании предварительной постановки задачи на создание официального сайта НФ НГТУ (см. Приложение 5), значения характеристик целевых пользователей были определены следующим образом: *age from* = 55; *nationality* = Russian; *IT experience level* = novice; *domain experience level* = advanced (т.е. возраст от 55 лет и старше, российская национальная / культурная принадлеж-

ность, низкий уровень опыта в сфере ИТ, средний уровень опыта в предметной области).

После задания названия проекта (nf), типа веб-приложения (*Educational website*) и ввода характеристик пользователей в соответствующую веб-форму портала знаний, был получен файл на языке CLIPS (*user.nf.clp*):

```
(project+name (name "nf"))
(website+type (name type+of+site) (type educational))
(target+user (name User) (user+attributes set+user+attributes) (use+context
set+use+context))
(user+attributes (name set+user+attributes) (age+from 55) (experience
set+user+exp) (nationality Russian))
(use+context (name set+use+context))
(user+experience (name set+user+exp) (IT+experience novice) (do-
main+experience advanced))
```

Далее, был произведён анализ текста требований к продукту, результатом чего стал файл *req-tags.nf.clp*, содержание которого приведено, вместе с полным перечнем требований, в Приложении 5.

#### 4.5.2 Работа ядра ИС, выходная информация

После загрузки описанной выше входной информации в механизм вывода CLIPS, применяющий правила из продукционного компонента ИС, были получены следующие результаты.

После применения правил из множества  $P_U \subset P$  (см. Приложение 3), характеристики пользователя приобрели следующий вид (отмечены изменения по сравнению с исходной информацией):

```
(target+user (name User) (user+type elder+user) (user+attributes
set+user+attributes) (use+context set+use+context))
```

*(user+attributes (name set+user+attributes) (age+from 55) (age+to 80) (experience set+user+exp) (gender female) (nationality Russian) (education+level college) (thesaurus+level advanced))*

*(use+context (name set+use+context) (access+point home) (web+browser IE) (screen+resolution+width 1024) (screen+resolution+height 768))*

*(user+experience (name set+user+exp) (IT+experience+level novice) (domain+experience+level advanced))*

После применения правил из множества  $P_W \subset P$  (см. Приложение 3), перечень сервисов веб-приложения был сформирован в следующем виде (фрагмент файла на CLIPS):

*(website (website+content Homepage News+events About+us Contacts Sitemap Help Search CMS+back-office Departments+facilities Faculty+staff Alumni+employment Majors+programs Admission Curriculum Tutorials))*

После применения правил из множества  $P_{Pr} \subset P$ , набор базовых терминов, описывающих контекст проекта, был сформирован в следующем виде (фрагмент файла на CLIPS):

*(project+tags (tag Website Web+page Website+element Website+service+section Target+user Target+emotion+requirement Elder+user Accessibility+requirement Error+rate Size Color Aesthetic+impression Trust+impression It+experience Website+experience Contacts Services Web+page+element Requirement Functional+requirement Non-functional+requirement Interface+quality+requirement Design+requirement Interface+design+property Content+design+property Guideline Interface+element Web+form+element Interface+design Web+interface+design Interface+quality+metric Forum CMS+back-office User+registration Search Success+rate Homepage News+events About+us Sitemap Help Departments+facilities Faculty+staff Alumni+employment Majors+programs Admission Curriculum Tutorials))*

Файл проекта полностью приведён в Приложении 3, а выбранные системой посредством применения правил из множества  $P_G \subset P$  рекомендации (см. Приложение 2) перечислены в Табл. 4.3, с указанием базовых терминов, описывающих рекомендации, и совпавших с ними терминов, описывающих контекст проекта (выделены).

Таблица 4.3 – Сформированный ИС набор рекомендаций по проектированию для официального веб-приложения для НФ НГТУ

| Идентификатор | Название рекомендации                                         | Базовые термины                                                 |
|---------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Guideline_1   | «Минимальный размер шрифта для пожилых пользователей»         | Font style; <b>Size</b> ; Text; <b>Elder user</b>               |
| Guideline_2   | «Размер и расположение гиперссылок для пожилых пользователей» | Font style; <b>Size</b> ; Hyperlink; Layout; <b>Elder user</b>  |
| Guideline_3   | «Динамические элементы интерфейса для пожилых пользователей»  | Menu; Navigation; <b>Web form element</b> ; <b>Elder user</b>   |
| Guideline_4   | «Цветовое выделение гиперссылок для пожилых пользователей»    | <b>Color</b> ; Hyperlink; Navigation; <b>Elder user</b>         |
| Guideline_5   | «Стиль гиперссылок и заголовков для пожилых пользователей»    | Hyperlink; <b>Color</b> ; Header; <b>Elder user</b>             |
| Guideline_6   | «Терминология и тексты для пожилых пользователей»             | User thesaurus; Text; <b>Elder user</b>                         |
| Guideline_7   | «Контрастность гиперссылок для пожилых пользователей»         | <b>Color</b> ; Hyperlink; Navigation; <b>Elder user</b>         |
| Guideline_8   | «Область гиперссылок для пожилых пользователей»               | Hyperlink; Layout; <b>Interface element</b> ; <b>Elder user</b> |
| Guideline_9   | «Рекламные носители для пожилых пользователей»                | Advertisement; <b>Interface element</b> ; <b>Elder user</b>     |
| Guideline_10  | «Всплывающие окна для пожилых пользователей»                  | Window; Layout; Scrollbar; <b>Elder user</b>                    |
| Guideline_11  | «Результаты поиска для пожилых пользователей»                 | <b>Search</b> ; Layout; Scrollbar; <b>Elder user</b>            |

| Идентификатор | Название рекомендации                                                             | Базовые термины                                                                                                     |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Guideline_12  | «Целевые эмоциональные впечатления для пожилых пользователей»                     | Subjective satisfaction; <b>Aesthetic impression</b> ; <b>Trust impression</b> ; Design solution; <b>Elder user</b> |
| Guideline_13  | «Факторы, улучшающие целевые эмоциональные впечатления для пожилых пользователей» | Subjective satisfaction; <b>Target emotion requirement</b> ; <b>Elder user</b>                                      |
| Guideline_14  | «Использование изображений и мультимедиа для пожилых пользователей»               | Imagery; Media object; <b>Interface element</b> ; <b>Accessibility requirement</b> ; <b>Elder user</b>              |
| Guideline_15  | «Размер элементов интерфейса для пожилых пользователей»                           | <b>Size</b> ; <b>Interface element</b> ; <b>Error rate</b> ; <b>Elder user</b>                                      |
| Guideline_16  | «Количество содержания на странице для пожилых пользователей»                     | <b>Web page</b> ; Layout; Scrollbar; <b>Elder user</b>                                                              |
| Guideline_17  | «Стандартизация элементов веб-форм для пожилых пользователей»                     | Web form; <b>Web form element</b> ; <b>Error rate</b> ; <b>Elder user</b>                                           |
| Guideline_18  | «Использование значений по умолчанию при вводе для пожилых пользователей»         | Web form; Performance time; <b>Elder user</b>                                                                       |
| Guideline_19  | «Раздел «Помощь» для пожилых пользователей»                                       | <b>Help</b> ; User experience; <b>Elder user</b>                                                                    |
| Guideline_20  | «Стабильность интерфейса для пожилых пользователей»                               | <b>Web form element</b> ; Navigation; Media object; <b>Accessibility requirement</b> ; <b>Elder user</b>            |

Далее, системой посредством применения правил из множества  $P_1 \subset P$  было сформировано логическое представление веб-интерфейса, а генератор прототипа веб-интерфейса на основе файла проекта создал макет веб-страницы на языке HTML, который приведён на Рис. 4.7.

|                                                                                   |                         |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Имя сайта: nf</b>    | Город, улица, номер.<br><a href="mailto:localhost@localhost">localhost@localhost</a><br>+7 (383) ***_**_** |
| <a href="#">О нас</a>                                                             | <a href="#">Новости</a> | <a href="#">Поступление</a>                                                                                |
| <a href="#">Контакты</a>                                                          |                         |                                                                                                            |
| <a href="#">Карта сайта</a>                                                       |                         |                                                                                                            |
| <a href="#">Поиск</a>                                                             |                         |                                                                                                            |

- [Подразделения](#)
- [Учебные программы](#)
- [Персонал](#)
- [Расписание](#)
- [Выпускники](#)
- [Учебные материалы](#)
- [Научная работа](#)

## Главная страница

### Пример заголовка

Образец простого текста на сайте

**Описание целевого пользователя**

**Возраст:** 55 – 80

**Тип пользователя:** — Пожилой пользователь

**Опыт в ИТ сфере** — новичок

**Опыт в предметной области сайта** — средний

**Пол** — женский

**Национальность** — русский

**Образование** — высшее

**Тезаурус** — средний

**Доступ** — из дома

**Разрешение экрана** — 1024 \* 768

**Веб-браузер** — IE

**Рекомендации по проектированию**

**Контекст проекта**

Website, Web page, Website element, Website service (section), Target user, Target emotion requirement, Elder user, Accessibility requirement, Error rate, Size, Color, Aesthetic impression, Trust impression, It experience, Website experience, Contacts, Services, Web page element, Requirement, Functional requirement, Non-functional requirement, Interface quality requirement, Design requirement, Interface design property, Content design property, Guideline, Interface element, Web form element, Interface design, Web interface design, Interface quality metric, Forum, CMS/back-office, User registration, Search, Success rate, Homepage, News/events, About us, Help, Sitemap, Departments/facilities, Faculty/staff, Alumni/employment, Majors/programs, Admission, Curriculum, Tutorials

### Пример заголовка

Образец простого текста на сайте

пр. К. Маркса, 20    2011 © [Имя сайта: nf](#)  
[localhost@localhost](mailto:localhost@localhost)  
 +7 (383) \*\*\*\_\*\*\_\*\*

Рисунок 4.7. Прототип веб-интерфейса официального сайта НФ НГТУ.



### 4.5.3 Проектирование веб-приложения для НФ НГТУ

На основе результатов работы системы, проектировщиком (пользователем ИС) были приняты конкретные проектные решения относительно официального сайта НФ НГТУ. Перечень сервисов (разделов) веб-приложения, предложенный системой, остался без существенных изменений, а его итоговый вид приведён в Приложении 5.

Исходя из выходной информации ИС, принятых проектных решений и утвержденной структуры официального веб-приложения для НФ НГТУ, для него был создан окончательный проект веб-интерфейса (Рис. 4.8) на основе прототипа, созданного системой.



Рисунок 4.8. Итоговый вид веб-интерфейса официального сайта НФ НГТУ.

Однако прежде, чем произвести открытие сайта, необходимо было осуществить его юзабилити-тестирование – как с целью совершенствования веб-интерфейса на основе взаимодействия с ним реальных пользователей, так и для оценки качества решения, полученного с применением ИС.

## **4.6 Оценка качества решения, полученного с использованием ИС**

Как отмечалось ранее, для разрабатываемых в ходе проектирования ЧКВ прототипов интерфейса должен определяться уровень юзабилити, для сравнения его с установленными в ходе анализа требований целевыми показателями качества интерфейса. В рамках тестирования ИС, безусловно, также следует признать целесообразной оценку качества решения поставленной практической задачи, т.е. разработанного с использованием системы проекта веб-интерфейса. В качестве способа для получения такой оценки был выбран экспериментальный подход на основе широко распространенного метода юзабилити-тестирования, в ходе которого целевые пользователи официального веб-приложения для НФ НГТУ выполняли задачи, разработанные на основе прецедентов использования, описанных для данного сайта, а также аналогичные задачи для веб-сайтов, отобранных в качестве контрольной группы.

### **4.6.1 Описание экспериментального исследования**

Для целей оценки качества решения практической задачи с использованием ИС, метод юзабилити-тестирования был несколько расширен путём включения дополнительных заданий для пользователей, выполняемых с веб-сайтами, служащими «контрольной группой». Всего, помимо официального веб-сайта НФ НГТУ, в экспериментальном исследовании были задействованы ещё 5 реально действующих и посещаемых веб-сайтов, отобранных по следующим признакам:

1. Отношение к сфере электронной коммерции.
2. Относительно небольшое количество содержимого.
3. Возможность выполнения заданий, схожих с прецедентами использования, разработанными для сайта НФ НГТУ.
4. Пожилые пользователи могут являться целевой группой или веб-сайт поддерживает универсальную доступность.

Все 6 веб-сайтов, задействованных в тестировании, были разделены на три группы: 1) типичные веб-сайты; 2) веб-сайты, разработанные экспертами в предметной области и 3) официальное веб-приложение для НФ НГТУ (итоговый перечень веб-сайтов представлен в Табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Список веб-приложений, задействованных в тестировании

| Номер и адрес веб-приложения                                        | Описание веб-приложения                                                       | Группа | Примечание                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| №1<br><a href="http://pensionerki.ru">http://pensionerki.ru</a>     | Открытый веб-форум для общения пенсионеров.                                   | 1      | Пожилые пользователи – целевая группа.                                                                               |
| №2<br><a href="http://npfraiffeisen.ru">http://npfraiffeisen.ru</a> | Официальный веб-сайт пенсионного фонда банка «Райффайзен».                    | 1      | Пожилые пользователи – одна из целевых групп.                                                                        |
| №3<br><a href="http://euro-kurses.ru">http://euro-kurses.ru</a>     | Веб-сайт образовательного центра, проводящего бизнес-курсы.                   | 1      | Одно из направлений деятельности – курсы «компьютерной грамотности», востребованные пожилыми людьми.                 |
| №4<br><a href="http://moscow.apteka.ru">http://moscow.apteka.ru</a> | Веб-сайт «онлайн-аптеки».                                                     | 1      | Пожилые пользователи – одна из целевых групп.                                                                        |
| №5<br><a href="http://vgroup.ru">http://vgroup.ru</a>               | Официальный сайт компании, занимающейся разработкой программного обеспечения. | 2      | Веб-приложение было разработано с привлечением экспертов в области проектирования ЧКВ и общедоступности интерфейсов. |
| №6<br><a href="http://nf.assoc.nstu.ru">http://nf.assoc.nstu.ru</a> | Официальный сайт Народного факультета НГТУ.                                   | 3      | Веб-приложение было разработано с использованием ИС поддержки проектирования ЧКВ для веб-приложений.                 |

Для каждого из веб-приложений были разработаны задания, схожие с прецедентами использования, описанными для сайта НФ НГТУ. Общее количество таких заданий составило 12, причём 6 из них касались поиска некоторой

информации, а другие 6 – ввода данных посредством веб-форм. Поскольку участники эксперимента являлись пожилыми пользователями с низким уровнем опыта использования ИТ, разработанные задания были относительно несложными, с расчетом на то, чтобы общее время экспериментальной сессии для каждого участника не превышало 1,5 часа.

Участники эксперимента, общим количеством 11 человек (2 мужчин и 9 женщин), были набраны среди выпускников Народного факультета НГТУ 2009/2010 учебного года. Выборка не являлась случайной, т.к. был произведён предварительный отбор выпускников, обладающих максимально высоким уровнем использования веб-технологий (предполагалось, что в будущем средний уровень опыта выпускников и пожилых пользователей сайта в целом будет увеличиваться). Согласно данным, сообщенным участниками, в среднем они пользовались Интернетом около 9 часов в неделю. Средний возраст участников находился в диапазоне от 58 до 71 лет, со средним значением 62,5 лет и средне-квадратичным отклонением 4,1. Все пожилые люди участвовали в эксперименте бесплатно и добровольно, подтвердив своё согласие после прочтения описания эксперимента и предлагаемых для выполнения задач.

Ход и условия эксперимента в целом соответствовали методу юзабилити-тестирования, описанному выше, однако количество заданий было выше, а уровень опыта участников – ниже обычного. В связи с этим не все участники за время экспериментальной сессии выполнили все 12 заданий, предлагавшихся им в случайном порядке, и общее количество исходов составило 106 (80,3% от максимально возможного количества). Независимыми переменными выступали номер веб-приложения и задания, а также группа веб-приложения, а в качестве зависимых – процент успешного выполнения задач и субъективная оценка пользователем уровня доверия к веб-приложению. «Процент успешного выполнения задач» был выбран из всех возможных показателей качества интерфейса, т.к. он, в отличие от других показателей (например, времени, затраченного на выполнение задания), может использоваться для сравнения результатов

выполнения заданий на различных, отличающихся веб-приложениях. «Уровень доверия», аналогичным образом, был выбран как важнейший из эмоциональных факторов в сфере электронной коммерции.

Итоговая успешность выполнения каждого из заданий оценивалась экспериментатором, причём в случае полностью неудачного выполнения оценка составляла 0%; в случае выполнения с серьёзными ошибками и возможным вмешательством со стороны экспериментатора – 30%; в случае выполнения с относительно незначительными ошибками – 70%; в случае успешного выполнения – 100% (схожие градации предложены, например, в [143]). Оценка уровня доверия к веб-приложениям производилась участниками субъективно, по шкале от 1 (хуже) до 5 (лучше), после выполнения всех двенадцати заданий.

#### **4.6.2 Результаты экспериментального исследования**

Средний процент успешного выполнения для всех заданий в эксперименте составил 63,4%, а его детализация по веб-приложениям, заданиям и группам веб-приложений приведена в Табл. 4.5.

Для заданий, касающихся поиска информации, средний процент успешности выполнения составил 67,2%, а для касающихся ввода данных – 59,4%. Особо следует отметить, что если для контрольной группы сайтов (№1..№4) средний процент успешности выполнения заданий составил 40,8%, то для веб-приложения №6, разработанного с использованием ИС, это значение было более чем в 2 раза выше – 85,9%, а для веб-приложения №5, созданного с привлечением экспертов в предметной области, еще выше – 86,4%.

Некоторые из пожилых участников отказались оценивать уровень доверия, ссылаясь на отсутствие такого опыта, или же дали всем веб-приложениям одинаковые положительные оценки, которые было решено не учитывать при анализе результатов эксперимента. В итоге, количество валидных оценок составило 37, а их средние значения и среднеквадратичные отклонения для различных веб-сайтов и групп приведены в Табл. 4.6.

Таблица 4.5 – Процент успешности выполнения по веб-приложениям, заданиям и группам веб-приложений

| Номер веб-прил. | Номер задания | Тип задания      | Количество исходов (попыток) | Процент успешности выполнения | Среднее по группе |
|-----------------|---------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| №1              | 1             | ввод данных      | 10                           | 28,0%                         | 40,8%             |
|                 | 2             | ввод данных      | 9                            | 17,8%                         |                   |
| №2              | 3             | поиск информации | 10                           | 20,0%                         |                   |
| №3              | 4             | поиск информации | 9                            | 82,2%                         |                   |
| №4              | 5             | поиск информации | 8                            | 27,5%                         |                   |
|                 | 6             | ввод данных      | 7                            | 80,0%                         | 86,4%             |
| №5              | 7             | поиск информации | 7                            | 77,1%                         |                   |
|                 | 8             | ввод данных      | 7                            | 95,7%                         | 85,9%             |
| №6              | 9             | поиск информации | 10                           | 93,0%                         |                   |
|                 | 10            | поиск информации | 10                           | 100,0%                        |                   |
|                 | 11            | ввод данных      | 10                           | 78,0%                         |                   |
|                 | 12            | ввод данных      | 9                            | 71,1%                         |                   |
| <b>Итого:</b>   |               |                  | <b>106</b>                   | <b>63,4%</b>                  |                   |

Таблица 4.6 – Субъективные оценки уровня доверия по веб-приложениям и группам

| Номер веб-приложения | Среднее значение (и среднеквадратичное отклонение) оценок | Среднее значение (и среднеквадратичное отклонение) оценок по группе |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| №1                   | 3,83 (0,75)                                               | 3,76 (0,88)                                                         |
| №2                   | 3,14 (1,07)                                               |                                                                     |
| №3                   | 4,29 (0,49)                                               |                                                                     |
| №4                   | 3,80 (0,84)                                               |                                                                     |
| №5                   | 4,33 (0,82)                                               | 4,33 (0,82)                                                         |
| №6                   | 4,67 (0,52)                                               | 4,67 (0,52)                                                         |

Метод статистического дисперсионного анализа был применён, чтобы проверить влияние группы веб-приложения на субъективную оценку уровня доверия. Было обнаружено, что различие в оценках является существенным

( $F_{2,34}=3,49$ ;  $p=0,04$ ), причём существенна разница только между группами 1) и 3), т.е. между контрольной группой веб-сайтов и веб-приложением, разработанным с использованием ИС поддержки проектирования ЧКВ.

#### **4.6.3 Выводы по экспериментальному исследованию**

Средний уровень успешности выполнения заданий, полученный в эксперименте, 63,4%, в целом соответствовал данным, полученным для пожилых пользователей в других исследованиях. Так, еще в 2002 году Якобом Нильсеном было отмечено значение этого показателя на уровне 52,9% [140], однако с тех пор естественным было бы ожидать его повышения, в связи с общим ростом уровня юзабилити веб-приложений. Задания, связанные с вводом данных, ожидаемо вызвали большую сложность, чем связанные с поиском информации (процент успешности 59,4% и 67,2% соответственно), что также подтверждает общую достоверность результатов эксперимента.

По результатам юзабилити-тестирования (исходя из анализа взаимодействия пользователей с веб-приложением) были предложены следующие основные изменения в проекте веб-интерфейса:

1) Расширение количества поясняющих текстов и их упрощение: например, помощь по работе с веб-форумом следует описать на более базовом уровне, а в карте сайта добавить пояснения к разделам сайта.

2) Внесение изменений в процедуру регистрации на сайте: упрощение кода контроля автоматических регистраций, создание страницы с подтверждением успешной регистрации.

3) Доработка навигации сайта: удаление некоторых пунктов в боковой панели (для упрощения восприятия), добавление заголовков и описаний разделов и страниц сайта.

4) Доработка некоторых стилей на сайте для большей стандартизации: например, цвет ссылок в навигации «хлебные крошки» должен соответствовать цвету остальных ссылок.

Соответствующие доработки были внесены в проект интерфейса веб-приложением, который был признан окончательным, и 30 апреля 2010 г. состоялось открытие официального сайта НФ НГТУ по адресу <http://nf.assoc.nstu.ru> (акт внедрения прилагается к диссертационной работе, см. Приложение 6). Инструменты для управления структурой, содержанием и внешним видом веб-сайта были переданы заказчику, который с этого момента начал осуществлять самостоятельную поддержку веб-приложения.

#### **4.7 Выводы**

В главе 4 нашей диссертационной работы было описано построение, с использованием выбранных средств реализации, интеллектуальной системы поддержки проектирования ЧКВ в веб-приложениях и соответствующего «портала знаний», размещённого в сети Интернет. Для наполнения базы знаний системы было сформулировано и проиндексировано с использованием базовых терминов словаря ИС около 150 практических рекомендаций, касающихся проектирования различных типов веб-приложений для различных категорий пользователей. В базу данных системы были помещены также правила продукционной модели, дополняющие фреймовую онтологию в рамках предложенной в главе 2 гибридной модели представления знаний.

Для иллюстрации работы интеллектуальной системы, приводится подробное описание хода её работы при решении одной из практических задач предметной области, а затем производится оценка качества полученного решения. По результатам оценки, процент успешности выполнения заданий составил 85,9% для веб-приложения, разработанного с использованием ИС, и более чем в 2 раза превысил аналогичный показатель для контрольной группы веб-приложений. Его значение практически сравнялось со значением показателя для веб-приложения, созданного с привлечением экспертов в предметной области, и превзошло целевой уровень в 60%, установленный в качественном требовании к продукту (см. Приложение 5), а оценка доверия для веб-



приложения составила 4,67 из 5, т.е. соответствовала уровню 93,4%. Таким образом, результаты решения практической задачи с применением разработанной ИС признаны удовлетворительными, а полученные данные сохранены в системе для дальнейшего использования – в частности, при расчёте эффективности рекомендаций.

Помимо этого, ИС использовалась при реализации ещё нескольких проектов по созданию веб-приложений, о которых в диссертационной работе имеются копии соответствующих актов об использовании результатов (см. Приложение 6):

1) создании официального веб-приложения для ОАО «Трест Сибэнергомонтаж» ([www.tsem.ru](http://www.tsem.ru)) – целевыми посетителями являются потенциальные клиенты и инвесторы, представители контролирующих государственных органов, зарубежные контрагенты;

2) создании внутреннего веб-приложения для швейцарской компании «Комакс АГ» (<http://komaxused.com>) – общая трудоемкость проекта составила около 750 человеко-часов, были предусмотрены версии веб-интерфейса для мобильных устройств;

3) разработке веб-интерфейса системы «АИС Электронный инспектор МЧС», входящей в состав системы автоматизации функционирования органов надзорной деятельности МЧС России (государственный контракт №16/2.2.4.1-0314 от 22.11.2011, договор кафедры ЭИ НГТУ № 2011/11-07 от 07.11.2011).

Кроме того, разработанная ИС прошла государственную регистрацию как программа для ЭВМ, о чём Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам выдано свидетельство № 2011615212 от 01 июля 2011 г.

## **Заключение**

Целью нашего диссертационного исследования являлась разработка, с использованием методов инженерии знаний, средств интеллектуализации проектирования ЧКВ в веб-приложениях. Согласно поставленным задачам, прежде всего был проведён анализ процесса проектирования взаимодействия, выявивший ряд факторов, обуславливающих относительно невысокий уровень качества современных веб-интерфейсов: отсутствие инструментов, способных осуществлять комплексную поддержку проектирования ЧКВ, и слабая организация знаний в данной предметной области.

По результатам дополнительного анализа структуры знания в сфере ЧКВ было признано целесообразным применение методов искусственного интеллекта (инженерии знаний) для снижения трудоемкости и сложности применения существующих в предметной области практических знаний (рекомендаций), лучшего их соотнесения с контекстом проектирования и более корректной интерпретации проектировщиками интерфейсов. С учётом выявленных недостатков существующих решений, для создаваемой интеллектуальной системы поддержки проектирования ЧКВ были предложены следующие принципы: максимально полный охват стадий процесса разработки программного продукта, учёт контекста проектируемого взаимодействия (в первую очередь, характеристик целевых пользователей), предоставление возможности анализа использования внедрённых результатов проектирования, а также валидации и постепенной формализации представленных в БЗ системы знаний.

Среди теоретических и практических основ построения и использования интеллектуальной системы, сформулированных в ходе начального этапа процесса её создания: реализация системы как системы усиления интеллекта человека и на основе человекочитаемой БЗ; использование знаний из текстологических источников, нежели опыта экспертов в предметной области; входная информация для системы должна включать в себя требования к программному продукту и характеристики целевых пользователей; результатом работы систе-

мы (выходной информацией) является, прежде всего, организованное и определяемое входной информацией практическое знание из сферы ЧКВ, а также проект веб-интерфейса приложения. Применение интеллектуальной системы для поддержки проектирования ЧКВ может позволить снизить требования к квалификации проектировщиков, вероятность ошибок проектирования взаимодействия на начальных этапах процесса разработки веб-приложений, а также повысить качество взаимодействия для особых категорий пользователей.

Суммируем основные результаты диссертационного исследования с указанием их новизны и практической значимости:

1. Предложен подход к разработке инструментального средства (интеллектуальной системы) для поддержки проектирования человеко-машинных интерфейсов для веб-приложений, сочетающий организацию знаний и автоматическую генерацию прототипа интерфейса на основе модели ориентированного подхода.

2. Для реализации БЗ разработана гибридная модель представления знаний в области ЧКВ, интегрирующая онтологический подход, фреймовую и продукционную модели. Модель позволяет осуществлять как спецификацию предметной области, так и частичное замещение процедурного компонента фреймов логическими правилами вывода.

3. Осуществлено моделирование взаимодействия в человеко-машинных интерфейсах с использованием законов Фиттса и Хика, что позволило предложить расширенные модели для учёта различных характеристик пользователей, таких как возрастная группа, уровень опыта, пол, национальная (культурная) принадлежность. В ходе исследования было охвачено 134 участников различных возрастных групп (пожилые и молодые люди) и национальностей (Россия, Ю. Корея) и собрано более 18 тыс. наборов данных.

4. Предложены расширенные модели для различных аспектов взаимодействия, а также введены понятия индекса сложности выбора *IDS* и производительности для задач выбора *TPS*, которые могут использоваться при сравнении различных человеко-машинных интерфейсов или интерфейсных устройств с

точки зрения качества взаимодействия. На основе результатов и построенных моделей было получено новое знание в актуальных областях ЧКВ (прежде всего, обеспечении общедоступности для всех категорий пользователей), частично оформленное в виде практических рекомендаций, расширяющих базу знаний ИС и используемых в последующем решении практической задачи по проектированию ЧКВ.

5. Создана действующая интеллектуальная система для поддержки проектирования ЧКВ, осуществляющая порождение упорядоченного набора рекомендаций и генерацию прототипа веб-интерфейса в зависимости от автоматически определяемого контекста проекта. Структура базы знаний системы основывается на построенной онтологической модели предметной области поддержки проектирования ЧКВ для веб-приложений. Сама онтология может использоваться в научных исследованиях, для обучения специалистов по проектированию взаимодействия, а также в других проектах, связанных с представлением знаний, или в рамках объединения онтологий.

6. Реализован «портал знаний», база знаний которого содержит рекомендации по проектированию взаимодействия для различных видов веб-приложений, индексированные с использованием базовых терминов словаря и упорядоченные на основе предложенной нечёткой модели расчёта сравнительной эффективности, а также накапливает статистику реализованных проектов веб-интерфейсов и оценок их качества.

7. Созданная интеллектуальная система апробирована на ряде практических задач предметной области, причём экспериментальное тестирование полученных решений показало высокое качество взаимодействия по сравнению с аналогами из контрольной группы. Так, для проекта веб-приложения для НФ НГТУ уровень качества взаимодействия (процент успешности выполнения заданий) достиг 85,9%, т.е. более чем в 2 раза превысил аналогичный показатель для контрольной группы веб-приложений и превзошёл целевой уровень, установленный в ходе анализа требований.

## Список литературы

1. Авдеенко Т.В., Бакаев М.А. Моделирование движения при использовании двумерных интерфейсов в человеко-компьютерном взаимодействии // Международный журнал «Программные продукты и системы», №1, 2011, С. 53-56.
2. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. // М.: Радио и связь, 1992. – 256 с.
3. Акчурин Э. Человеко-машинное взаимодействие. Учебное пособие. // Москва, СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 96 с.
4. Бакаев М.А. Интеллектуальная система поддержки проектирования веб-интерфейсов (ИС ППВИ) / Бакаев М.А., Авдеенко Т.В. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615212. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). – 2011.
5. Бакаев М.А., Авдеенко Т.В. Разработка онтологии для поддержки проектирования человеко-компьютерного взаимодействия в сфере электронной коммерции // Вестник компьютерных и информационных технологий, №4, 2011, С. 36-40.
6. Бакаев, М.А., Пономарев, В.Б., Прохорова, Л.В. Учет эстетических вкусов пожилых людей при дизайне сайтов электронного бизнеса // Материалы VIII международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», г. Воронеж, 7-8 февр. 2008, ИПЦ ВГУ. – Т. 1, С. 34-39.
7. Бакаев М.А. Об ограниченной применимости некоторых базовых законов в сфере человеко-машинного взаимодействия для пожилых пользователей. // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2008. № 1. С. 11-25.
8. Будуннов Г.М. Особенности общения человека с компьютером (На примере антропоморфной ЭВМ). // Дис. канд. психол. наук: 19.00.01. Москва, 2003. – 124 с.

9. Загоруйко Н.Г., Гусев В.Д., Завертайлов А.В., Ковалёв С.П., Налётов А.М., Саломатина Н.В. Система ONTOGRID для автоматизации процессов построения онтологий предметных областей // Автометрия. Т. 41, №5, 2005. – С. 13-25.
10. Зинченко В.П. Эргономика и информатика. // Вопросы философии, 1986, №7. – 61 с.
11. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. // Питер, 2000. – 384 с.
12. Гасов В.М., Соломонов Л.А. Инженерно-психологическое проектирование взаимодействия человека с техническими средствами. Кн.1. Серия в 7 кн. Под ред. В.Н. Четверикова. – М.: Высшая школа, 1990. – 127 с.
13. Гладун, А.Я., Рогушина, Ю.В. Онтологии в корпоративных системах. // Корпоративные системы, №1, 2006. – С. 41-47.
14. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. // Дата введения с 01.01.1990 г.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка качества программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению.
16. Грибова, В.В. Автоматизация проектирования, реализации и сопровождения пользовательского интерфейса на основе онтологического подхода. // Докторская диссертация. – Владивосток, ИАПУ ДВО РАН, 2007. – 393 с.
17. Душков Б.А., Ломов Б.Ф., Рубахин В.Ф. и др. Основы инженерной психологии: Учеб. для техн. вузов, под ред. Ломова Б.Ф. – М.: Высш. шк., 1986. – 448 с.
18. Загоруйко Ю.А. Построение порталов научных знаний на основе онтологий // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12. Специальный выпуск 2:

Информационные технологии для эколого-биологических исследований. Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН. – С. 169-177.

19. Загорулько, Ю.А., Боровикова, О.И. Модели и методы построения информационных систем, основанных на онтологиях. // В «Системная информатика-11», под ред. Марчука А.Г., СО РАН, Новосибирск, 2011. – С. 175-207.

20. Загорулько Ю.А., Сидорова Е.А. Технология анализа документов в информационных системах поддержки научной и производственной деятельности // Автометрия, Т. 45. № 6, 2009. – С.38-45.

21. Кайгородцев Г.И. Введение в курс метрической теории и метрологии программ: учебник. // Новосибирск, изд-во НГТУ, 2009. – 192 с.

22. Лепский В.Е. Психологическое обеспечение деятельности пользователей средств вычислительной техники и АСУ // Эргономика. Труды ВНИИТЭ, вып. 30, 1985. – С. 78-89.

23. Магазанник В.Д. Человеко-компьютерное взаимодействие. // Логос Университетская книга, 2007. – 256 с.

24. Медведев Д.А. Выступление в Хабаровске на встрече со студентами Тихоокеанского государственного университета, 21.05.09. // Доступ осуществлен 01.06.09 по адресу <http://www.rian.ru/politics/20090521/171781001.html>.

25. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. // М.: Сов. радио, 1978. – 368 с.

26. Могилёва В.Н. Психофизиологические особенности детей младшего школьного возраста и их учет в работе с компьютером: учебное пособие для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования // Москва: Академия, 2007. – 265 с.

27. Овдей, О.М., Проскудина, Г.Ю. Обзор инструментов инженерии онтологий. // Российский научный электронный журнал «Электронные библиотеки», 7(4), 2004.

28. Пископпель А.А., Щедровицкий А.П. Инженерная психология и эргономика. Справочник–обзор. 1958-1991. // М.: Путь, 1996. – 207 с.
29. Пономарев В.Б., Прохорова Л.В. Народный факультет НГТУ и проблема самореализации людей пожилого возраста // – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 80 с.
30. Приказ Министерства экономического развития РФ от 16 ноября 2009 г. N 470 «О Требованиях к технологическим, программным и лингвистическим средствам обеспечения пользования официальными сайтами федеральных органов исполнительной власти».
31. Ронжин, А.Л., Карпов, А.А., Ли, И.В. Речевой и многомодальный интерфейсы. // М.: Наука, 2006. – 176 с.
32. Рябова, Н.В., Щербак С.С. Развитие технологий Semantic Web: обработка RDF-графов на основе XSLT // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, №4(10), 2004. – С. 67-72.
33. Самойлов, С. Электроника, вперед! // Эксперт Волга, №18-19, 2010. – С. 10-11.
34. Свидетельство на программу для ЭВМ №2009615074 Российская Федерация. Гибридная экспертная система проектирования процессов функционирования человеко-машинных систем ИНТЕЛЛЕКТ-3; правообладатель НГТУ / М.Г. Гриф, С.А. Кочетов, Е.Б. Цой.
35. Сидорова Е.А. Вопросы создания прикладных лингвистических онтологий. // Сборник работ семинара «Знания и Онтологии \*ELSEWHERE\*» международной конференции Ershov Informatics Conference (PSI'11), Новосибирск, 2011.
36. Сидорова Е.А. Методы и программные средства для анализа документов на основе модели предметной области. // Канд. дисс. – Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, 2006. – 125 с.
37. Сидорова Е.А. Многоцелевая словарная подсистема извлечения предметной лексики // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные



технологии: По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог 2008» (Бекасово, 4-8 июня 2008 г.). Вып. 7 (14). М.: РГГУ, 2008. – С. 475-481.

38. «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации» от 7 февраля 2008 г. N Пр-212. // Российская газета, №4591, 2008.

39. Тарасов Е.Б. Комплексное моделирование организационно-технических систем как способ представления корпоративных знаний / Тарасов Е.Б., Хабаров В.И. // Научный вестник НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – №4 (29). – С. 191-196.

40. Трофимов В.Е. База данных + CLIPS = База знаний // Компьютеры+программы, №10, 2003. – С. 56-61.

41. Фонд «Общественное мнение». Тридцать третий выпуск регулярного бюллетеня «Интернет в России». Выпуск 33. Весна 2011г. // Доступ осуществлен 18.11.2011 по адресу

<http://bd.fom.ru/report/map/projects/internet/internet1133/vesna2011>

42. Ханферян, В., Ходырев, А. Система «все включено»: Границы между информационными технологиями и инжинирингом постепенно стираются. // «Эксперт» №17 (800), 2012.

43. Чередова Ю.С. Исследование и разработка методики оценки эффективности реализации государственных сайтов. // Магистерская диссертация. НГТУ, 2010. – 122 с.

44. ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction / by Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong and Verplank. // Доступ осуществлен 12.04.2008 по адресу <http://sigchi.org/cdg/cdg2.html>.

45. Akerkar, R. Knowledge-Based Systems. // Technomathematics Research Foundation, Priti Sajja, Sardar Patel University, India, 2010. – 354 p.

46. Alani, H. Position paper: ontology construction from online ontologies. // In Proc. of the 15th international conference on World Wide Web, Edinburgh, Scotland, 2006. – P. 491-495.

47. Apple Inc. Mac OS X Human Interface Guidelines. // Доступ осуществлен 03.10.2009 по адресу <https://developer.apple.com/library/mac/#documentation/userexperience/conceptual/applehiguide/Intro/Intro.html>
48. Avdeenko T., Bakaev M. Improving the Efficiency of E-government on the Basis of Intelligent Technologies // Proceedings of International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering, Hong Kong, December 2011. – 8 p. [Повышение эффективности электронного правительства на основе интеллектуальных технологий]
49. Baecker, R., Buxton, W. Readings in Human-Computer Interaction. // Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1987. – 738 p.
50. Badre A.N. Shaping Web Usability. Interaction Design in Context. // Addison-Wesley, 2002. – 304 p.
51. Bailey, J.E., Pearson, S.W. Development of a Tool for Measuring and Analyzing Computer User Satisfaction. // Management Science, Vol. 29, No. 5, 1983. – P. 530-545.
52. Bakaev M. Design Strategies Improving E-Business Accessibility for Elder Users. // Master Thesis. Graduate School of Digital Design, Kyungsung University, Busan, South Korea. Feb 2006. – 85 p. [Стратегии дизайна, повышающие доступность веб-приложений электронной коммерции для пожилых пользователей]
53. Bakaev M., Lee K.H., Cheng H.I. The emotional gap between the elderly and the non-elderly. // Proceedings of the 10th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, Seoul, Korea, Sep 2007. – Vol.10, part 1. – 7 p. [Различия в эмоциональном аспекте взаимодействия между пожилыми и обычными людьми]
54. Bakaev M., Lee K.H., Cheng H.I. The aesthetic and emotional preferences of the elderly and the design factors for e-business web sites. Proceedings of the Eighth Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics (PPCOE 2007),

Bangkok, Thailand, Oct 2007. – 11 p. [Эстетические и эмоциональные предпочтения пожилых людей и факторы проектирования приложений электронного бизнеса]

55. Bakaev M., Avdeenko T. Rationalizing HCI Integration in E-Commerce Software Development // In Proc. of DST-RFBR Sponsored Indo-Russian Joint Workshop on Computational Intelligence and Modern Heuristics in Automation and Robotics, 20-22 September 2010, Surat, India. – P. 144-155. [Интеллектуализация интеграции человеко-компьютерного взаимодействия в процесс разработки приложений электронной коммерции]

56. Bakaev M., Ponomarev V., Prokhorova L. E-learning and Elder People: Barriers and Benefits // In Proc. IEEE Region 8 International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering (SIBIRCON), 2008. – P. 110-113. [Электронное обучение и пожилые люди: барьеры и преимущества]

57. Bakaev M. Fitts' law for older adults: considering a factor of age. // In Proc. of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, RS, Brazil, 2008. – P. 260-263. [Закон Фиттса для пожилых людей: учёт фактора возраста]

58. Bakaev M., Avdeenko T. A formal research of older adults' physical and cognitive traits in movement and selection tasks for interface design. // Proceedings of International Association of Societies of Design Research (IASDR 2009) Conference, Seoul, Korea, Oct 2009. – P. 255-264. [Формальное исследование физических и когнитивных особенностей пожилых людей для проектирования интерфейсов: выполнение движений и выбор объектов]

59. Bakaev M., Avdeenko T., Cheng H.I. Modelling Selection Tasks and Assessing Performance in Web Interaction // In Proc. of IADIS International Conference Applied Computing 2011, Rio de Janeiro, Brazil, Nov 2011. – P. 107-114. [Моделирование задач по выбору объектов и оценка производительности при взаимодействии в веб-интерфейсах]

60. Bakaev M., Avdeenko T. Knowledge-Based System for Web Interface Design // In Proc. of 2nd International Conference on Information and Multimedia Technology (ICIMT 2010), Dec 28-30, 2010, Hong Kong, China. – Vol. 3, P. 262-266. [Система, основанная на знаниях, для проектирования веб-интерфейсов]

61. Bakaev M., Avdeenko T. Ontology to Support Web Design Activities in E-Commerce Software Development Process. // In Proc. of IASTED ACIT'2010, Novosibirsk, Russia. ACTA Press, 2010. – P. 241-248. [Онтология для поддержки проектирования веб-интерфейсов в процессе разработки приложений электронной коммерции]

62. Bakaev, M., Avdeenko, T. User Interface Design Guidelines Arrangement in a Recommender System with Frame Ontology // Lecture Notes in Computer Science, 2012, V. 7240, Database Systems for Advanced Applications, (Springer, 2012). – P. 311-322. [Организация рекомендаций по проектированию пользовательских интерфейсов в экспертной системе, основанной на фреймовой онтологии]

63. Beckwith, L., Burnett, M. Gender: An important factor in end-user programming environments? // In Proc. Visual Languages and Human-Centric Computing Languages, IEEE, 2004. – P. 107-114.

64. Benjamin, P. et al. Idef5 method report. // Technical Report F33615-C-90-0012, Knowledge Based Systems Inc, Texas, 1994. – 187 p.

65. Borchers, J.O. A pattern approach to interaction design. // AI & Soc, Vol. 15 (4), 2001. – P. 359-376.

66. Brajnik, G. Using automatic tools in accessibility and usability assurance processes. // In 8th ERCIM Workshop User Interfaces For All, 2004. – P. 219-234.

67. Brooks F. Collaboration and telecollaboration in design. 7th Turing Lecture, IEEE. Savoy Place, London, 20 Jan 2005.

68. Buie, E.A., Vallone, A. Integrating HCI engineering with software engineering: A call to a larger vision. // In Smith, M. J., Salvendy, G., & Koubek, R. J. (Eds.), Design of Computing Systems: Social and Ergonomic Considerations, Vol. 2. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1997. – P. 525-530.

69. Bygstad B., Ghinea G., Brevik E. Software development methods and usability: Perspectives from a survey in the software industry in Norway // *Interacting with Computers*, 20 (3), 2008. – P. 375-385.

70. Carroll, J.M. The Evolution of Human-Computer Interaction // Nov 16, 2001. Доступ осуществлен 20.04.2008 по адресу <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=24103>.

71. Chevalier A, Fouquereau N, Vanderdonckt J. The Influence of a Knowledge-Based System on Designers' Cognitive Activities: a study involving Professional Web Designers. // *Behaviour & Information Technology*, 28(1), 2009. – P. 45-62.

72. Clemmensen, T., Roese, K. An Overview of a Decade of Journal Publications about Culture and Human-Computer Interaction (HCI). // *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Springer Boston, Vol. 316, 2010. – P. 98-112.

73. CLIPS Reference Manual Volume I Basic Programming Guide // Version 6.24 June 15th 2006. Доступ осуществлен 22.11.2011 по адресу <http://clipsrules.sourceforge.net/documentation/v624/bpg.htm>

74. Cockburn, A. Use cases, ten years later. // 2002. Доступ осуществлен 03.04.2008 по адресу <http://alistair.cockburn.us/Use+cases%2c+ten+years+later>.

75. Cockburn, A. Writing Effective Use Cases. // Addison-Wesley Professional, 2000. – 304 p.

76. Dearden, A., Finlay, J. Pattern languages in HCI: A critical review. // *Human-Computer Interaction*, 21(1), 2006. – P. 49-102.

77. Diefenbach, S., Hassenzahl, M. The “beauty dilemma”: Beauty is valued but discounted in product choice. // In Proc. of the CHI 09 Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, 2009. – P. 1419-1426.

78. Douglas, S. et al. Incorporating human-computer interaction into the undergraduate computer science curriculum. // In Proc. of the 33th SIGCSE technical symposium on Computer science education, 2002. – P. 211-212.

79. Draper, S.W. Analysing fun as a candidate software requirement. // Personal Technology, 3, 1999. – P. 1-6.

80. English, W.K., Engelbart, D.C., Berman, M.L. Display Selection Techniques for Text Manipulation. // IEEE Transactions on Human Factors in Electronics, 8(1), 1967. – P. 5-15.

81. Fincher, S., Windsor, P. Why patterns are not enough: some suggestions concerning an organising principle for patterns of UI design // In Proc. CHI'2000 Workshop on Pattern Languages for Interaction Design: Building Momentum, 2000. – 6 p.

82. Fitts, P.M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. // Journal of Experimental Psychology, Vol. 47 (6), 1954. – P. 381-391.

83. Fogg, B. J. et al. What makes Web sites credible?: a report on a large quantitative study. // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. – Seattle, US, 2001. – P. 61-68.

84. Forrester Research. Western European Online Retail Forecast // 2010.  
Доступ осуществлен 08.02.2012 по адресу  
[http://www.forrester.com/rb/Research/western\\_european\\_online\\_retail\\_forecast%2C\\_2009\\_to/q/id/56543/t/2](http://www.forrester.com/rb/Research/western_european_online_retail_forecast%2C_2009_to/q/id/56543/t/2)

85. Furtado, E. et al. KnowiXML: A Knowledge-Based System Generating Multiple Abstract User Interfaces in UsiXML. // In: Proc. of 3rd Int. Workshop on Task Models and Diagrams for user interface design TAMODIA'2004. ACM Press, New York, 2004. – P. 121-128.

86. Gajos, K.Z., Weld, D.S., Wobbrock, J.O. Automatically generating personalized user interfaces with SUPPLE. // Journal of Artificial Intelligence, 174 (12-13), 2010. – P. 910-950.

87. Gilb, T. Principles of software engineering management. // Addison-Wesley Professional, 1988. – 464 p.

88. Gilbane, F. (Eds.) The Classification & Evaluation Of Content Management Systems. // The Gilbane Report, Vol. 11 (2), 2003. – 32 p.
89. Glass, R.L. Facts and Fallacies of Software Engineering // Addison Wesley, 2002. – 224 p.
90. Gruber, T.R. A translation approach to portable ontologies. // Knowledge Acquisition, 5 (2), 1993. – P. 199-220.
91. Guarino, N. Formal Ontology in Information Systems. // In Proc. of FOIS'98, Trento, Italy. Amsterdam, IOS Press, 1998. – P. 3-15.
92. Helander, M. Handbook of Human-Computer Interaction. // Amsterdam: North-Holland, 1988. – 1167 p.
93. Henninger, S., Ashokkumar, P. An Ontology-Based Infrastructure for Usability Design Patterns. // In Proc. Semantic Web Enabled Software Engineering (SWESE), Galway, Ireland, 2005. – P. 41-55.
94. Henninger, S., Ashokkumar, P. An Ontology-Based Metamodel for Software Patterns. // In Proc. 18th Int. Conf. on Software Engineering, San Francisco, CA, USA, 2006. – P. 327-330.
95. Hick, W.E. On the rate of gain of information. // Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4, 1952. – P. 11-36.
96. Hix, D. Teaching a course in human-computer interaction. // Computer Science Education, 1(3), 1990. – P. 253-268.
97. Hoffmann, E.R., Lim, J.T.A. Concurrent manual-decision tasks. // Ergonomics, 40, 1997. – P. 293-318.
98. Howard, S. Trade-off decision making in user interface design. // Behavior and Information Technology, 16 (2), 1997. – P. 98-109.
99. Huitt, W. The information processing approach to cognition. // Educational Psychology Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University, 2003. // Доступ осуществлен 06.11.2011 по адресу <http://www.edpsycinteractive.org/topics/cogsys/infoproc.html>.

100. Hyman, R. Stimulus information as a determinant of reaction time. // Journal of Experimental Psychology, 45, 1953. – P. 188-196.
101. IBM Design. Design principles checklist. // Доступ осуществлен 30.01.2011 по адресу <https://www-01.ibm.com/software/ucd/designconcepts/designbasics.html>.
102. IEEE. Std 830-1998 IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications // Доступ осуществлен 13.12.09 по адресу [http://standards.ieee.org/reading/ieee/std\\_public/description/se/830-1998\\_desc.html](http://standards.ieee.org/reading/ieee/std_public/description/se/830-1998_desc.html)
103. Internet World Stats. Europe Internet Usage Stats Facebook and Population Statistics. // Доступ осуществлен 12.02.2012 по адресу <http://www.internetworldstats.com/stats4.htm>
104. ISO. ISO 9241-110:2006. Ergonomics of human-system interaction -- Part 110: Dialogue principles.
105. ISO. ISO/IEC 25062:2006 "Common Industry Format (CIF) for usability test reports"
106. ISO. ISO/IEC TR 9126-4:2004 Software engineering -- Product quality -- Part 4: Quality in use metrics.
107. Ivory, M.Y., Hearst, M.A. The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces // ACM Computing Surveys, Vol. 33 (4), 2001. – P. 470-516.
108. Jordan, P.W. Human factors for pleasure in product use. // Applied Ergonomics, 29 (1), 1998. – P. 25-33.
109. Kantowitz, B. H., Sorkin, R. D. Human Factors: Understanding People-System Relationships. // New York: John Wiley & Sons, 1983. – 699 p.
110. Karray, F. et al. Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art // International Journal On Smart Sensing And Intelligent Systems, Vol. 1 (1), 2008. – P. 137-159.
111. Kendal, S.L., Creen, M. An introduction to knowledge engineering // London: Springer, 2007. – 287 p.



112. Khaslavsky, J., Shedroff, N. Understanding the seductive experience. // Communications of the ACM, 42 (5), 1999. – P. 45-49.
113. Kim, J., Lee, J., Choi, D. Designing emotionally evocative homepages: an empirical study of the quantitative relations between design factors and emotional dimensions. // International Journal of Human-Computer Studies, 59 (6), 2003. – P. 899-940.
114. Knight, D. Macintosh History: 1984. // Доступ осуществлен 21.04.2008 по адресу. <http://lowendmac.com/history/1984dk.shtml>.
115. Krishnakumar, P., Raoul, J. Integrating the CLIPS Rule Engine with Protégé. // In Proc. AIML 05 Conference, CICC, Cairo, Egypt, 2005. – P. 134-140.
116. Krug, S. Rocket Surgery Made Easy: The Do-It-Yourself Guide to Finding and Fixing Usability Problems // New Riders Press, 2010. – 168 p.
117. Landauer, T., Nachbar, D. Selection from alphabetic and numeric trees using a touch screen: Breadth, depth, and width. // In Proc. CHI '85 Conference: Human Factors in Computer Systems, 1985. – P. 73-78.
118. Lavie, T., Tractinsky, N. Assessing dimensions of perceived visual aesthetics of web sites. // International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 60 (3), 2004. – P. 269-298.
119. Lenhart, A. et al. The Ever-Shifting Internet Population. // Pew Internet and American Life Project, April 2003. // Доступ осуществлён 13.06.2010 по адресу [http://www.pewinternet.org/reports/pdfs/New\\_User\\_Report.pdf](http://www.pewinternet.org/reports/pdfs/New_User_Report.pdf)
120. Lohr, K.A. A critical Exploration of Web Usability Guidelines and Design Principles with respect to the special Needs of Elders // Diplomarbeit in englischer Sprache, Universität Paderborn, 2006. – 107 p.
121. Longstreth, L.E., el-Zahhar, N., Alcorn, M.B. Exceptions to Hick's law: explorations with a response duration measure. // Journal of experimental psychology, 114 (4), 1985. – P. 417-434.

122. MacKenzie, I.S. Fitts' law as a performance model in human-computer interaction. // Doctoral dissertation (ISBN 0315659858), University of Toronto, 1991.  
// Доступ осуществлен 15.02.2012 по адресу <http://www.yorku.ca/mack/phd.html>
123. MacKenzie, I.S., Isokoski, P. Fitts' throughput and the speed-accuracy tradeoff. // In Proc. of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2008), New York, ACM, 2008. – P. 1633-1636.
124. McConnell, S. Code Complete (2nd ed.). // Microsoft Press, 2004. – 960 p.
125. McKnight, H.D., Chervany, N.L. What Trust Means in E-Commerce Customer Relationships: An Interdisciplinary Conceptual Typology. // International Journal of Electronic Commerce, 6 (2), 2001. – P. 35-59.
126. Microsoft. User-Centered Design Principles // Fundamentals of Designing User Interaction – Design Principles and Methodology. Доступ осуществлен 15.04.2009 по адресу <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms997452>.
127. Minsky, M. A framework for representing knowledge // In The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill: P. Winston, 1975. – P. 211-277.
128. Myers, B., Rosson M. Survey on user interface programming. // In Proc. SIGCHI'92: Human Factors in Computing Systems, 1992. – P. 195-202.
129. Nagamachi, M. Perspectives and the new trend of Kansei/affective engineering. // The TQM Journal, Vol. 20 (4), 2008. – P. 290-298.
130. Nagamachi, M. Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. // International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 15 (1), 1995. – P. 3-11.
131. Nagamachi, M. Kansei Engineering. // Tokyo: Kaibundo Publishing Co. Ltd., 1989. – P. 22-84.
132. Ngo, D., Samsudin, A., Abdullah, R. Aesthetic Measures for Assessing Graphic Screens. // Journal of Information Science and Engineering, 16, 2000. – P. 97-116.

133. Netcraft. December 2011 Web Server Survey // 2011. Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://news.netcraft.com/archives/2011/12/09/december-2011-web-server-survey.html>

134. Nichols, J., Myers, B.A. Automatically generating high-quality user interfaces for appliances // Doctoral dissertation, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 2006. – 358 p.

135. Nielsen, J. Discount Usability for the Web. // 1997. Доступ осуществлен 21.04.2008. по адресу [http://www.useit.com/papers/web\\_discount\\_usability.html](http://www.useit.com/papers/web_discount_usability.html).

136. Nielsen, J. E-Commerce User Experience // Nielsen Norman Group; 1st edition, 2001. – 389 p.

137. Nielsen, J. Guerrilla HCI: Using Discount Usability Engineering to Penetrate the Intimidation Barrier // 1994. Доступ осуществлен 24.04.2008 по адресу [http://www.useit.com/papers/guerrilla\\_hci.html](http://www.useit.com/papers/guerrilla_hci.html).

138. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, May 10, 2004: Guidelines for Visualizing Links. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20040510.html>.

139. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, April 16, 2009: IA Task Failures Remain Costly. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/ia-failures.html>.

140. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, April 28, 2002: Usability for Senior Citizens. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/seniors.html>.

141. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, April 14, 2003: Paper Prototyping: Getting User Data Before You Code. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20030414.html>.

142. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, August 17, 2009: Customization of UIs and Products. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/customization.html>.

143. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, February 18, 2001: Success Rate: The Simplest Usability Metric. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20010218.html>.

144. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, February 22, 2010: Progress in Usability: Fast or Slow? // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/usability-progress-rate.html>.

145. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, January 22, 2008: Usability ROI Declining, But Still Strong. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/roi.html>.

146. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, January 31, 2005: Usability of Websites for Teenagers. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/teenagers.html>.

147. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, June 21, 2010: Website Response Times. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/response-times.html>.

148. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, January 21, 2001: Usability Metrics // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20010121.html>.

149. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, March 12, 2007: 10 High-Profit Redesign Priorities. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/high-roi.html>.

150. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, March 17, 2008: Bridging the Designer–User Gap. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/designer-user-differences.html>.

151. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, March 7, 1999: Trust or Bust: Communicating Trustworthiness in Web Design. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/990307.html>.

152. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, May 6, 2008: How Little Do Users Read? // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/percent-text-read.html>.

153. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, December 7, 2009: Short-Term Memory and Web Usability. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/short-term-memory.html>.

154. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, October 5, 2009: Powers of 10: Time Scales in User Experience. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/timeframes.html>.

155. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, September 13, 2010: Children's Websites: Usability Issues in Designing for Kids. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/children.html>.

156. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, November 6, 2006: 100 Million Websites. // Доступ осуществлен 17.01.2012 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/web-growth.html>.

157. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, March 19, 2000: Why You Only Need to Test With 5 Users. // Доступ осуществлен 24.08.2008 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20000319.html>.

158. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, March 1, 2004: Risks of Quantitative Studies. // Доступ осуществлен 24.04.2008 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20040301.html>.

159. Nielsen, J. Jakob Nielsen's Alertbox, August 25, 2003: Usability 101: Introduction to Usability. // Доступ осуществлен 20.04.2008 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>.

160. Nielsen, J. Seductive User Interfaces. // 1996. Доступ осуществлен 22.04.2008 по адресу <http://www.useit.com/papers/seductiveui.html>.

161. Nielsen, J. The matters that really matter for hypertext usability. // In. Proc. ACM Hypertext'89 Conf., Pittsburgh, PA, 1989. – P. 239-248.

162. Nielsen, J. Usability Engineering. // Morgan Kaufmann, San Francisco, USA, 1994. – 362 p.

163. Nielsen Norman Group. 230 Tips and Tricks for Better Usability Testing. / Под ред. Nielsen Norman Group. // Доступ осуществлен 24.08.2008 по адресу <http://www.nngroup.com/reports/tips/usertest/>.

164. Nielsen Norman Group. Pernice, K., Nielsen, J. Web Usability for Senior Citizens: 46 Design Guidelines Based on Usability Studies with People Age 65 and Older. // Nielsen Norman Group Report, 2002. – 129 p.

165. Nielsen Norman Group. Reports and Whitepapers. // Доступ осуществлен 12.02.2012 по адресу <http://www.nngroup.com/reports/>.

166. Nielsen Norman group. Site Map Usability: 47 design guidelines based on usability studies with people using site maps // Nielsen/Norman group report. Доступ осуществлен 06.10.2011 по адресу <http://www.nngroup.com/reports/sitemaps/>.

167. Norman, D., Draper, S.W. (Eds.). User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction. // Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1986. – P. 319-337.

168. Norman, D. Emotional Design: Why We Love (Or Hate) Everyday Things. // Basic Books, New York, USA, 2003. – 272 p.

169. Norman, D. The Design of Everyday Things. // Basic Books (Perseus), New York, USA, 2002. – 272 p.

170. Noy, N.F., McGuiness D.L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. // Stanford Knowledge Systems Laboratory Tech. Rep. KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Tech. Rep. SMI-2001-0880, 2001. – 25 p.

171. Paciello, M.G. Web Accessibility for People with Disabilities, 1st edition. // C M P Books, 2000. – 392 p.

172. Park, S., Choi, D., Kim, J. Critical factors for the aesthetic fidelity of web pages: empirical studies with professional web designers and users. // Interacting with Computers, 16. – 2004. – P. 351-376.

173. Partarakis, N., Mourouzis, A., Doulgeraki, C., Stephanidis, C. A portal-based tool for developing, delivering and working with guidelines. // In Universal Access in Human-computer Interaction: Coping with diversity. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2007. – P. 507-516.

174. Pew Internet and American Life Project. Usage Over Time. // 2009. Доступ осуществлен 03.05.10 по адресу <http://pewinternet.org/Static-Pages/Trend-Data/Usage-Over-Time.aspx>.

175. Plamondon, R., Alimi, A.M. Speed/accuracy trade-offs in target-directed movements. // Behavioural and Brain Sciences, 20, 1997. – P. 279-349.

176. Pustovalova N., Bakaev M., Avdeenko T. Knowledge-Based System for Software Analysis Requirements and Management. // In Proc. of Knowledge and Ontology Elsewhere, at Ershov Informatics Conference (PSI 11), Novosibirsk, July 2011. – P. 15-20. [Система, основанная на знаниях, для анализа и управления требованиями]

177. Raymond, E.S., Landley, R.W. The Art of Unix Usability. // Доступ осуществлен 20.04.2008 по адресу <http://www.catb.org/~esr/writings/taouu/html/>.

178. Reenskaug, T. MVC XEROX PARC 1978-79. // Доступ осуществлен 06.08.2010 по адресу <http://heim.ifi.uio.no/~trygver/themes/mvc/mvc-index.html>.

179. Robins, D., Holmes, J. Aesthetics and credibility in web site design. // Information Processing and Management, 44 (1), 2008. – P. 386-399.

180. Rohrer, C. Jakob Nielsen's Alertbox, October 6, 2008: When to Use Which User Experience Research Methods. // Доступ осуществлен 28.05.2011 по адресу <http://www.useit.com/alertbox/user-research-methods.html>.

181. Sauro, J., Kindlund, E. A method to standardize usability metrics into a single score. // Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Portland, Oregon, USA, 2005. – P. 401-409.

182. Schutte, S. Engineering Emotional Values in Product Design. // PhD Thesis, Linkoping University, Sweden, 2005. – 122 p.

183. Selwyn, N. Digital Division or Digital Decision? A study of non-users and low-users of computers. // Poetics, Vol. 34, 2006. – P. 273-292.

184. Shah, F. Usability Guidelines for Heuristic Evaluation. // 2009. Доступ осуществлен 06.11.2010 по адресу <http://uxcentered.wordpress.com/tag/heuristic-evaluation/>.

185. Shannon, C.E., Weaver, W. The mathematical theory of communication. // Urbana, IL: University of Illinois Press, 1949. – 117 p.

186. Shneiderman, B. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. // Reading, MA: Addison-Wesley, 1987. – 192 p.

187. Shneiderman, B. et al. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, 5th edition. // Addison-Wesley Publishing Company, USA, 2009. – 624 p.

188. Slatin J.M. Maximum Accessibility: Making Your Web Site More Usable for Everyone // Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 2002. – 400 p.

189. Sloan, D. Two cultures? The disconnect between the web standards movement and research-based web design guidelines for older people. // Gerontechnology, 5 (2), 2006. – P. 106-112.

190. Soukoreff, R.W., MacKenzie, I.S. Towards a standard for pointing device evaluation: Perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI. // International Journal of Human-Computer Studies, 61, 2004. – P. 751-789.

191. Su, X., Ilebrikke, L. A comparative study of ontology languages and tools. // Advanced Information Systems Engineering, Lecture Notes in Computer Science, 2006, Volume 2348/2006. – P. 761-765.

192. Sutherland, I.E. Sketchpad: A man-machine graphical communication system. // 1963 / По изд. University of Cambridge, 2003. Доступ осуществлен 20.04.2008 по адресу <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf>.

193. Tractinsky, N., Shoval-Katz, A., Ikar, D. What is beautiful is usable. // Interacting with Computers, 13, 2000. – P. 127-145.



194. Tudorache, T., Noy, N.F., Musen, M.A. Supporting collaborative ontology development in Protege. // In Proc. 7th Intl. Semantic Web Conference, ISWC 2008, Karlsruhe, Germany, 2008. – P. 17-32.
195. Tudorache, T., Vendetti, J. Noy, N.F. Web-Protege: A Lightweight OWL Ontology Editor for the Web. // In Proc. 5th OWL Experiences and Directions Workshop (OWLED 2008), 2008. – 4 p.
196. U.S. Department of Health and Human Services. Research-based web design & usability guidelines. // 2006. Доступ осуществлен 01.02.2010 по адресу <http://www.usability.gov/pdfs/chap.html>.
197. Usability.Gov. Usability Test Plan. // Доступ осуществлен 01.02.2010 по адресу [http://www.usability.gov/templates/docs/u-test\\_plan\\_template.doc](http://www.usability.gov/templates/docs/u-test_plan_template.doc).
198. Usability Inspection Methods. // Eds. Jakob Nielsen and Robert L. Mack, John Wiley & Sons, New York, USA, 1994. – 448 p.
199. UsabilityNet. UsabilityNet: Methods Table // Доступ осуществлен 13.07.2011 по адресу <http://www.usabilitynet.org/tools/methods.htm>.
200. Vanderdonckt, J. Development milestones towards a tool for working with guidelines. // Interacting with Computers, 12, 1999. – P. 81-118.
201. Vanderdonckt, J., Farenc, C. (Eds.) // Proceedings of the Scientific Workshop on Tools for Working with Guidelines (TFWWG 2000). Springer, London, 2001. – 374 p.
202. Wang, Y.D., Emurian, H.H. An overview of online trust: Concepts, elements, and implications. // Computers in Human Behavior, 21, 2005. – P. 105-125.
203. Web Accessibility in Mind. WebAIM Section 508 Checklist. // Доступ осуществлен 06.12.2010 по адресу <http://webaim.org/standards/508/checklist>.
204. Welford, A.T. Fundamentals of skill. // London: Methuen, 1968. – 426 p.
205. World Wide Web Consortium. W3C Cascading Style Sheets Level 2 Revision 1 (CSS 2.1) Specification // Доступ осуществлен 15.09.2010 по адресу <http://www.w3.org/TR/CSS2/>.

206. World Wide Web Consortium. W3C HTML 4.01 Specification // Доступ осуществлен 15.09.2010 по адресу <http://www.w3.org/TR/1999/REC-html401-19991224/>.

207. World Wide Web Consortium. W3C Web Content Accessibility Guidelines 1.0. // Под ред. Wendy Chisholm, Gregg Vanderheiden, Ian Jacobs. // Доступ осуществлен 23.04.2008 по адресу <http://www.w3.org/TR/WCAG10/>.

208. Xu R., Dai X., Yang, F. Lin, P. Research on the Construction Method of Emergency Plan Ontology Based-on OWL. // In Proc. of the 2009 International Symposium on Web Information Systems and Applications (WISA'09) Nanchang, China, 2009. – P. 19-23.

## **Приложение 1**

### **Перечень классов, отношений и атрибутов в онтологии**

Полный перечень классов, отношений и атрибутов, существующих в созданной онтологии, представлен в Табл. П.1.1.

Таблица П.1.1 – Список классов, отношений и атрибутов в онтологии

| <b>N</b> | <b>Имя класса<br/>(Name<sub>C</sub>)</b> | <b>Название отношения<br/>(Name<sub>R</sub>)</b>                                                                | <b>Собственные<br/>слоты (Name<sub>S,C</sub>)</b>          |
|----------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1.       | User attribute                           | is-a USER;                                                                                                      |                                                            |
| 2.       | Use context                              | is-a User attribute;                                                                                            | text (english);<br>text (russian);                         |
| 3.       | Website element                          | is-a USER;                                                                                                      |                                                            |
| 4.       | Website service<br>(section)             | is-a Website element;<br>service (section) purpose —<br>Functional requirement;                                 | link in navigation;<br>access type;                        |
| 5.       | Domain name                              | is-a Website element;                                                                                           |                                                            |
| 6.       | Web page                                 | is-a Website element;<br>web page content — Web page<br>node;<br>web page design property —<br>Design property; | web page size<br>(KB);<br>is template;<br>web page layout; |
| 7.       | Web page element                         | is-a Website element;                                                                                           |                                                            |
| 8.       | Web form                                 | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 9.       | Text                                     | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 10.      | Imagery                                  | is-a Web page element;                                                                                          | shape;                                                     |
| 11.      | Heading                                  | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 12.      | Media object                             | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 13.      | List                                     | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 14.      | Table                                    | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 15.      | Meta-tag                                 | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 16.      | Paragraph                                | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 17.      | Web page title                           | is-a Web page element;                                                                                          |                                                            |
| 18.      | Web page block                           | is-a Web page element;                                                                                          | related service;                                           |
| 19.      | Page header                              | is-a Web page block;                                                                                            |                                                            |
| 20.      | Page footer                              | is-a Web page block;                                                                                            |                                                            |
| 21.      | Logo                                     | is-a Web page block;                                                                                            |                                                            |
| 22.      | Main text                                | is-a Web page block;                                                                                            |                                                            |
| 23.      | Web page body                            | is-a Web page block;                                                                                            |                                                            |

| <b>N</b> | <b>Имя класса<br/>(Name<sub>C</sub>)</b> | <b>Название отношения<br/>(Name<sub>R</sub>)</b>                                                                          | <b>Собственные<br/>слоты (Name<sub>S,C</sub>)</b>                              |
|----------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 24.      | Left-side column                         | is-a Web page block;                                                                                                      |                                                                                |
| 25.      | Right-side column                        | is-a Web page block;                                                                                                      |                                                                                |
| 26.      | Web page element<br>title                | is-a Web page element;                                                                                                    |                                                                                |
| 27.      | Website title (tagline)                  | is-a Website element;                                                                                                     |                                                                                |
| 28.      | File                                     | is-a Website element;                                                                                                     |                                                                                |
| 29.      | Requirement                              | is-a USER;                                                                                                                | text (english);<br>text (russian);<br>requirement metric<br>type;<br>priority; |
| 30.      | Functional<br>requirement                | is-a Requirement;                                                                                                         |                                                                                |
| 31.      | Use case                                 | is-a Functional requirement;<br>non-functional requirements<br>— Non-functional require-<br>ment;<br>actor — Target user; | task analysis<br>description;                                                  |
| 32.      | Non-functional<br>requirement            | is-a Requirement;<br>requirement in use cases —<br>Use case;<br>related guideline — Guideline;                            |                                                                                |
| 33.      | Interface quality<br>requirement         | is-a Non-functional require-<br>ment;<br>usability level — Interface<br>quality metric;                                   |                                                                                |
| 34.      | Response time<br>requirement             | is-a Non-functional require-<br>ment;                                                                                     | requirement metric<br>type;                                                    |
| 35.      | Target emotion<br>requirement            | is-a Non-functional require-<br>ment;<br>target emotion requirement —<br>Subjective satisfaction;                         |                                                                                |
| 36.      | Accessibility<br>requirement             | is-a Non-functional require-<br>ment;                                                                                     |                                                                                |
| 37.      | Design requirement                       | is-a Non-functional require-<br>ment;                                                                                     |                                                                                |
| 38.      | Design property                          | is-a USER;                                                                                                                |                                                                                |

| <b>N</b> | <b>Имя класса<br/>(Name<sub>C</sub>)</b> | <b>Название отношения<br/>(Name<sub>R</sub>)</b>            | <b>Собственные<br/>слоты (Name<sub>S,C</sub>)</b>                         |
|----------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 39.      | Style (CSS) property                     | is-a Design property;                                       |                                                                           |
| 40.      | Color                                    | is-a Style (CSS) property;                                  | hue;<br>brightness;<br>saturation;                                        |
| 41.      | Size                                     | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 42.      | Background style                         | is-a Style (CSS) property;                                  | background<br>texture;                                                    |
| 43.      | Border style                             | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 44.      | Margin/padding                           | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 45.      | Height                                   | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 46.      | Width                                    | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 47.      | List style                               | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 48.      | Text style                               | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 49.      | Line height                              | is-a Text style;                                            |                                                                           |
| 50.      | Text align                               | is-a Text style;                                            |                                                                           |
| 51.      | Text decoration                          | is-a Text style;                                            |                                                                           |
| 52.      | Aural property                           | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 53.      | Table property                           | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 54.      | Font style                               | is-a Style (CSS) property;                                  |                                                                           |
| 55.      | Font family                              | is-a Font style;                                            |                                                                           |
| 56.      | Font weight                              | is-a Font style;                                            |                                                                           |
| 57.      | Interface design<br>property             | is-a Design property;                                       | text (english);<br>interface design<br>property scope;<br>text (russian); |
| 58.      | Content design<br>property               | is-a Design property;                                       | text (english);<br>content design<br>property scope;<br>text (russian);   |
| 59.      | Layout                                   | is-a Content design property,<br>Interface design property; |                                                                           |

| N   | Имя класса<br>(Name <sub>C</sub> ) | Название отношения<br>(Name <sub>R</sub> )                                                                                                                       | Собственные<br>слоты (Name <sub>S,C</sub> ) |
|-----|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 60. | CSS rule                           | is-a Design property;<br>css declaration — CSS declaration;<br>css selector — Web page element;                                                                  |                                             |
| 61. | HCI knowledge representation class | is-a USER;                                                                                                                                                       |                                             |
| 62. | HCI knowledge                      | is-a HCI knowledge representation class;<br>related knowledge — HCI knowledge;<br>reference — Reference, Source;<br>supported by — HCI knowledge;                | text (english);<br>tag;<br>text (russian);  |
| 63. | Finding                            | is-a HCI knowledge;<br>related knowledge — Finding;<br>supported by — Finding;                                                                                   |                                             |
| 64. | Guideline                          | is-a HCI knowledge;<br>related knowledge — Guideline;<br>supported by — Principle, Law, Guideline, Finding;<br>related requirement — Non-functional requirement; | efficiency;<br>tag;                         |
| 65. | Law                                | is-a HCI knowledge;<br>related knowledge — Law;<br>supported by — Law, Finding;                                                                                  |                                             |
| 66. | Principle                          | is-a HCI knowledge;<br>related knowledge — Principle;<br>supported by — Principle, Law, Finding;                                                                 |                                             |
| 67. | Reference                          | is-a HCI knowledge representation class;<br>source — Source;                                                                                                     | page (reference);                           |

| <b>N</b> | <b>Имя класса<br/>(Name<sub>C</sub>)</b> | <b>Название отношения<br/>(Name<sub>R</sub>)</b>                                                                                                                                              | <b>Собственные<br/>слоты (Name<sub>S,C</sub>)</b>                                                  |
|----------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 68.      | Source                                   | is-a HCI knowledge representation class;                                                                                                                                                      | pages (source);<br>author (source);<br>published (source);<br>abstract (source);<br>year (source); |
| 69.      | HCI engineering task                     | is-a USER;<br>target user — Target user;<br>design guidelines — Guide-<br>line;<br>project context – THING;<br>requirements — Requirement;<br>web interface design — Web<br>interface design; |                                                                                                    |
| 70.      | Interface element                        | is-a USER;                                                                                                                                                                                    |                                                                                                    |
| 71.      | Menu                                     | is-a Interface element, Web<br>page element;                                                                                                                                                  |                                                                                                    |
| 72.      | Tab                                      | is-a Menu;                                                                                                                                                                                    |                                                                                                    |
| 73.      | Window                                   | is-a Interface element;                                                                                                                                                                       |                                                                                                    |
| 74.      | Embedded application<br>(applet)         | is-a Web page element, Inter-<br>face element;                                                                                                                                                |                                                                                                    |
| 75.      | Hyperlink                                | is-a Web page element, Inter-<br>face element;                                                                                                                                                |                                                                                                    |
| 76.      | Web form element                         | is-a Web page element, Inter-<br>face element;                                                                                                                                                |                                                                                                    |
| 77.      | Text box (textarea)                      | is-a Web form element;                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 78.      | Button                                   | is-a Web form element;                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 79.      | Checkbox                                 | is-a Web form element;                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 80.      | Radio button                             | is-a Web form element;                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 81.      | Select list                              | is-a Web form element;                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 82.      | Input box                                | is-a Web form element;                                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 83.      | Icon                                     | is-a Interface element, Im-<br>agery;                                                                                                                                                         |                                                                                                    |
| 84.      | Cursor (pointer)                         | is-a Interface element;                                                                                                                                                                       |                                                                                                    |
| 85.      | Scrollbar                                | is-a Interface element;                                                                                                                                                                       |                                                                                                    |
| 86.      | Navigation                               | is-a Interface element, Web<br>page block;                                                                                                                                                    |                                                                                                    |



| <b>N</b> | <b>Имя класса<br/>(Name<sub>C</sub>)</b> | <b>Название отношения<br/>(Name<sub>R</sub>)</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>Собственные<br/>слоты (Name<sub>S,C</sub>)</b>                          |
|----------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 87.      | Breadcrumb navigation                    | is-a Navigation;                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                            |
| 88.      | Secondary navigation                     | is-a Navigation;                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                            |
| 89.      | Main navigation                          | is-a Navigation;                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                            |
| 90.      | System message                           | is-a Interface element;                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                            |
| 91.      | Target user                              | is-a USER;<br>use context — Use context;<br>user attribute — Personal user attribute;                                                                                                                                                                                     |                                                                            |
| 92.      | Subsidiary class                         | is-a USER;                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                            |
| 93.      | Web browser                              | is-a Subsidiary class;                                                                                                                                                                                                                                                    | text (english);<br>text (russian);                                         |
| 94.      | CSS declaration                          | is-a Subsidiary class;                                                                                                                                                                                                                                                    | text (english);<br>text (russian);<br>css property value;<br>css property; |
| 95.      | Web page node                            | is-a Subsidiary class;<br>parent node — Web page node;<br>web page element style — CSS declaration;                                                                                                                                                                       | text (english);<br>web page element;<br>text (russian);<br>node order;     |
| 96.      | Website                                  | is-a USER;<br>domain name — Domain name;<br>website logo — Logo;<br>web pages — Web page;<br>website content — Website service (section);<br>website title — Website title (tagline);<br>web interface design — Web interface design;<br>website navigation — Navigation; |                                                                            |

| <b>N</b> | <b>Имя класса<br/>(Name<sub>C</sub>)</b> | <b>Название отношения<br/>(Name<sub>R</sub>)</b>                                                 | <b>Собственные<br/>слоты (Name<sub>S,C</sub>)</b>                                           |
|----------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 97.      | Design solution                          | is-a USER;<br>design solution problem — Requirement;<br>design solution support — Guideline;     | design solution property;<br>text (english);<br>text (russian);<br>design solution element; |
| 98.      | Interface design                         | is-a USER;<br>usability level — Interface quality metric;<br>design solutions — Design solution; | is prototype;                                                                               |
| 99.      | Web interface design                     | is-a Interface design;<br>style sheet — CSS rule;<br>web page templates — Web page;              |                                                                                             |
| 100.     | Interface quality metric                 | is-a USER;<br>target user — Target user;<br>user task — Use case;                                | value (float);                                                                              |
| 101.     | Error rate                               | is-a Interface quality metric;                                                                   |                                                                                             |
| 102.     | Performance time                         | is-a Interface quality metric;                                                                   |                                                                                             |
| 103.     | Subjective satisfaction                  | is-a Interface quality metric;                                                                   |                                                                                             |
| 104.     | Aesthetic impression                     | is-a Subjective satisfaction;                                                                    |                                                                                             |
| 105.     | Trust impression                         | is-a Subjective satisfaction;                                                                    |                                                                                             |
| 106.     | Convenience impression                   | is-a Subjective satisfaction;                                                                    |                                                                                             |
| 107.     | Success rate                             | is-a Interface quality metric;                                                                   |                                                                                             |

Перечень основных отношений, реализованных в онтологии, представлен в Табл. П.1.2 («Class» соответствует  $D_{class}$ , «Instance» –  $D_{instance}$ , «m» – множественности значений слота, «s» – единственному значению).

Таблица П.1.2 – Отношения в онтологии и примеры использования

| N  | Отношение                                        | Идентификатор (Name <sub>R</sub> ) и тип                                                                                                                                                                                                                                            | Пример использования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Иметь в качестве целевых пользователей (акторов) | 1. actor (Instance, m);<br>2. target user (Instance, m)                                                                                                                                                                                                                             | 1. Прецедент использования имеет в качестве акторов экземпляры Целевого пользователя.<br>2.1. Задача проектирования ЧКВ имеет в качестве целевых пользователей экземпляры Целевого пользователя.<br>2.2. Показатель качества интерфейса имеет в качестве целевых пользователей экземпляры Целевого пользователя.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2. | Иметь в качестве области применения (действия)   | 1. content design property scope (Class, m);<br>2. tag (Class, m);<br>3. design solution element (Class, m);<br>4. design solution property (Class, m);<br>5. design solution problem (Instance, m)<br>6. interface design property scope (Class, m);<br>7. user task (Instance, m) | 1. Свойство дизайна контента имеет в качестве области действия подклассы Раздела (сервиса) сайта.<br>2. Рекомендация имеет в качестве области применения подклассы THING.<br>3. Дизайнерское решение имеет в качестве области применения Элементы вебсайта или Элементы интерфейса.<br>4. Дизайнерское решение имеет в качестве области применения подклассы Свойств оформления.<br>5. Дизайнерское решение имеет в качестве области действия экземпляры Требований.<br>6. Свойство проекта интерфейса имеет в качестве области действия подклассы Элементов интерфейса.<br>7. Показатель качества интерфейса имеет в качестве области действия экземпляры Прецедента использования. |

| N  | Отношение                                              | Идентификатор (Name <sub>R</sub> ) и тип                                                          | Пример использования                                                                                                                                                                                                        |
|----|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Иметь в качестве объявлений / свойств / селекторов CSS | 1. css declaration (Instance, m);<br>2. css property (Class, s);<br>3. css selector (Instance, m) | 1. Правило CSS имеет в качестве объявлений экземпляры Объявления CSS.<br>2. Объявление CSS имеет в качестве свойства подкласс Свойства CSS.<br>3. Правило CSS имеет в качестве селекторов экземпляры Элемента веб-страницы. |
| 4. | Иметь набор релевантных рекомендаций                   | design guidelines (Instance, m)                                                                   | Задача проектирования ЧКВ имеет набор релевантных рекомендаций в виде экземпляров Рекомендаций.                                                                                                                             |
| 5. | Иметь в качестве обоснования                           | 1. design solution support (Instance, m);<br>2. supported by (Instance, m)                        | 1. Дизайнерское решение в качестве обоснования имеет экземпляры Рекомендаций.<br>2. Знание в сфере ЧКВ имеет в качестве обоснования другие экземпляры Знаний в сфере ЧКВ (различных подклассов).                            |
| 6. | Реализовывать представление                            | 1. design solutions (Instance, m);<br>2. web page element (Class, s)                              | 1. Проект интерфейса реализовывает представление Дизайнерских решений.<br>2. Узел веб-страницы реализовывает представление Элемента веб-страницы.                                                                           |
| 7. | Иметь в качестве доменного имени                       | domain name (Instance, s)                                                                         | Веб-сайт имеет в качестве доменного имени экземпляр Доменного имени.                                                                                                                                                        |
| 8. | Быть представленным в качестве ссылки в навигации      | link in navigation (Class, m)                                                                     | Раздел (сервис) веб-сайта представлен в качестве ссылки экземплярами Навигации.                                                                                                                                             |

| N   | Отношение                                                         | Идентификатор (Name <sub>R</sub> ) и тип                                                                                                                                                                                                                          | Пример использования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.  | Быть связанным с требованием / рекомендацией / знанием / сервисом | 1.1. non-functional requirements (Instance, m);<br>1.2. requirement in use cases (обратная связь);<br>2.1. related guideline (Instance, m);<br>2.2. related requirement (обратная связь);<br>3. related knowledge (Instance, m);<br>4. related service (Class, m) | 1.1. Прецедент использования связан с экземплярами Качественных требований.<br>1.2. Качественное требование связано с экземплярами Прецедентов использования.<br>2.1. Качественное требование связано с экземплярами Рекомендаций.<br>2.2. Рекомендация связана с экземплярами Качественных требований.<br>3. Знание в сфере ЧКВ связано с другими экземплярами знания в сфере ЧКВ.<br>4. Блок веб-страницы связан с подклассом Раздела (сервиса) веб-сайта.                    |
| 10. | Иметь в качестве атрибута пользователя                            | 1. other user attribute (Instance, m);<br>2. user age (Instance, s);<br>3. user experience (Instance, m);<br>4. user gender (Instance, s);<br>5. user nationality (culture) (Instance, s)                                                                         | 1. Целевой пользователь в качестве атрибута имеет экземпляры Прочих атрибутов пользователя.<br>2. Целевой пользователь в качестве атрибута имеет экземпляр Возраста пользователя.<br>3. Целевой пользователь в качестве атрибута имеет экземпляры Опыта пользователя.<br>4. Целевой пользователь в качестве атрибута имеет экземпляры Пола пользователя.<br>5. Целевой пользователь в качестве атрибута имеет экземпляры Национальной (культурной) принадлежности пользователя. |
| 11. | Иметь в качестве родителя                                         | parent node (Instance, s)                                                                                                                                                                                                                                         | Узел веб-страницы имеет в качестве родителя другой экземпляр Узла веб-страницы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| N   | Отношение                                | Идентификатор (Name <sub>R</sub> ) и тип                                     | Пример использования                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12. | Ссылаться                                | 1. reference (Instance, m);<br>2. source (Instance, s)                       | 1. Подкласс Знания в сфере ЧКВ ссылается на экземпляры Источников.<br>2. Ссылка ссылается на экземпляр Источника.                                                                                                                               |
| 13. | Описываться набором требований           | 1. requirements (Instance, m);<br>2. service (section) purpose (Instance, m) | 1. Задача проектирования ЧКВ описывается экземплярами Требований.<br>2. Раздел (сервис) веб-сайта описывается экземплярами Требований.                                                                                                          |
| 14. | Состоять из / содержать                  | 1. style sheet (Instance, m);<br>2. web page content (Instance, m);          | 1. Проект веб-интерфейса содержит набор стилей – экземпляров Правила CSS.<br>2. Веб-страница состоит из экземпляров Узел веб-страницы.                                                                                                          |
| 15. | Иметь в качестве целевых эмоций          | target emotion requirement (Instance, m)                                     | Требование к целевым эмоциям имеет в качестве целевых эмоций экземпляры Субъективной удовлетворенности пользователя.                                                                                                                            |
| 16. | Иметь набор показателей уровня юзабилити | 1. usability level (Instance, m)                                             | 1.1. Требование к качеству интерфейса имеет набор показателей уровня юзабилити – экземпляров Показателей качества интерфейса.<br>1.2. Проект интерфейса имеет набор показателей уровня юзабилити – экземпляров Показателей качества интерфейса. |
| 17. | Иметь в качестве контекста использования | use context (Instance, m)                                                    | Целевой пользователь в качестве контекста использования имеет экземпляры Контекста использования.                                                                                                                                               |
| 18. | Являться веб-браузером пользователя      | web browser                                                                  | Веб-браузер пользователя является экземпляром Веб-браузера                                                                                                                                                                                      |

| N   | Отношение                                   | Идентификатор (Name <sub>R</sub> ) и тип                                              | Пример использования                                                                                                                                                                  |
|-----|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19. | Иметь в соответствии проекты веб-интерфейса | 1. web interface design (Instance, m)                                                 | 1.1. Задача проектирования ЧКВ имеет в соответствии (в качестве решения) экземпляры Проектов веб-интерфейса.<br>1.2. Вебсайт имеет в соответствии экземпляры Проектов веб-интерфейса. |
| 20. | Быть оформленным с использованием           | 1. web page design property (Instance, m);<br>2. web page element style (Instance, m) | 1. Веб-страница оформлена с использованием экземпляров Свойств оформления.<br>2. Узел веб-страницы оформлен с использованием экземпляров Объявлений CSS.                              |
| 21. | Иметь в качестве страниц / шаблонов страниц | 1. web page templates (Instance, m);<br>2. web pages (Instance, m)                    | 1. Проект веб-интерфейса имеет в качестве шаблонов экземпляры Веб-страниц.<br>2. Веб-сайт имеет в качестве страниц экземпляры Веб-страниц.                                            |
| 22. | Иметь в качестве содержания                 | website content (Instance, m)                                                         | Веб-сайт имеет в качестве содержания экземпляры Разделов (сервисов) веб-сайта.                                                                                                        |
| 23. | Иметь в качестве логотипа                   | website logo (Instance, s)                                                            | Веб-сайт имеет в качестве логотипа экземпляр Логотипа.                                                                                                                                |
| 24. | Иметь в качестве навигации                  | website navigation (Instance, m)                                                      | Веб-сайт имеет в качестве навигации набор экземпляров Навигации.                                                                                                                      |
| 25. | Иметь в качестве заголовка                  | website title (Instance, s)                                                           | Веб-сайт имеет в качестве заголовка экземпляр Заголовка веб-сайта.                                                                                                                    |

## Приложение 2

**Экземпляры класса**

***HCI knowledge representation class***



Точка с запятой отделяет множественные (multiple) значения, указывается идентификатор (слот ID).

### П.2.1 Экземпляры класса *Source* («Источник»)

ID = Source\_1

name = «The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement»

author = «Fitts, P.M.»

year (source) = 1954

published (source) = «Journal of Experimental Psychology, 47»

pages (source) = «381-391»

ID = Source\_2

name = «Towards a standard for pointing device evaluation: Perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI»

author = «Soukoreff, R.W.»; «MacKenzie, I.S.»

year (source) = 2004

published (source) = «International Journal of Human-Computer Studies, 61»

pages (source) = «751-789»

ID = Source\_3

name = «On the rate of gain of information»

author = «Hick W.E.»

year (source) = 1952

published (source) = «Quarterly Journal of Experimental Psychology, vol. 4»

pages (source) = «11-26»

ID = Source\_4

name = «Selection from alphabetic and numeric trees using a touch screen:  
Breadth, depth, and width»

author = «Landauer, T.»; «Nachbar, D.»

year (source) = 1985

published (source) = «In Proc. CHI '85 Conference: Human Factors in Computer Systems»

pages (source) = «73-78»

ID = Source\_5

name = «Web Usability for Senior Citizens: Design Guidelines Based on Usability Studies with People Age 65 and Older»

author = «Coyne, K.P.»; «Nielsen, J.»

year (source) = 2002

published (source) = «Nielsen Normal Group Report»

pages (source) = «73-78»

ID = Source\_6

name = «Design Strategies Improving E-business Accessibility for Elderly Users»

author = «Bakaev, M.»

year (source) = 2006

published (source) = «Master thesis. Kyung Sung University, South Korea»

ID = Source\_7

name = «The emotional gap between the elderly and the non-elderly»

author = «Bakaev, M.», «Lee K.H.», «Cheng H.I.»

year (source) = 2007

published (source) = «In The 10th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, Vol.10, part 1. 4-6 Sep 2007, Seoul, South Korea»

ID = Source\_8

name = «Об ограниченной применимости некоторых базовых законов в сфере человеко-машинного взаимодействия для пожилых пользователей»

author = «Бакаев М.А.»

year (source) = 2008

published (source) = «Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2008. № 1.»

pages (source) = «11-25»

ID = Source\_9

name = «A formal research of older adults' physical and cognitive traits in movement and selection tasks for interface design»

author = «Bakaev, M.»; «Avdeenko, T.»

year (source) = 2009

published (source) = «In Proc. of IASDR 2009 Conference, Oct 18-22, Seoul, Korea»

ID = Source\_10

name = «Shaping Web Usability. Interaction Design in Context»

author = «Badre A.N.»

year (source) = 2002

published (source) = «Addison-Wesley»

ID = Source\_11

name = «The effects of age and training formats on basic computer skill acquisition in older adults»

author = «Echt, K.W.»; «Morrell, R.W.»; «Park, D.C.»

year (source) = 1998

published (source) = «Educational Gerontology, 24»

pages (source) = «3-25»

ID = Source\_12

name = «Web Access for Elderly Citizens»

author = «Hanson W.L.»

year (source) = 2001

published (source) = «Proceedings of the 2001 EC/NSF workshop on Universal accessibility of ubiquitous computing: providing for the elderly»

pages (source) = «14-18»

ID = Source\_13

name = «Guidelines for designing user interface software»

author = «Smith S.L.»; «Mosier J.N.»

year (source) = 1986

published (source) = «The MITRE Corporation, Bedford, Massachusetts, USA»

ID = Source\_14

name = «First Principles of Interaction Design»

author = «Tognazzini B.»

year (source) = 2003

published (source) = «<http://www.asktog.com/basics/firstPrinciples.html>»

### П.2.2 Экземпляры класса *Reference* («Ссылка»)

Экземпляры класса *Reference* (не приводятся) включают в себя источники – экземпляры класса *Source* – и страницу, на которую производится ссылка.

### П.2.3 Экземпляры класса *Law* («Закон»)

ID = Law\_1

name = «Закон Фиттса»

text (russian) = « $MT = a + b * ID = a + b * \log_2(A/W+1)$ , где  $MT$  – время движения, необходимое для достижения цели размера (шириной)  $W$  на расстоянии  $A$ . Две константы,  $a$  и  $b$ , как правило, находятся при помощи регрессионного анализа, а логарифмическая часть называется индексом сложности  $ID$ . Закон Фиттса соответствует номинальной точности 96%.»

tag = Layout; Size; Error rate metric; Performance time metric

reference = [Fitts, 1954]; [Soukoreff, 2004]

related knowledge = «Закон Хика»

ID = Law\_2

name = «Закон Хика»

text (russian) = «Время реакции ( $RT$ ) при выборе из нескольких ( $N$ ) равновероятных известных альтернатив пропорционально логарифму количества альтернатив:  $RT = k * \log_2(N+1)$ . Таким образом,  $k$  – это время, за которое человек обрабатывает 1 бит информации при совершении описанного выше выбора.»

tag = Performance time metric; Interface element; Menu

reference = [Hick, 1952]; [Landauer, 1985]

related knowledge = «Закон Фиттса»

#### П.2.4 Экземпляры класса *Finding* («Сведение»)

ID = Finding\_1

name = «Снижение качества зрения у пожилых людей»

text (russian) = «У многих людей с возрастом могут возникать проблемы со зрением: снижение остроты зрения, изменения в способности различать цвета, снижение способности различать контраст, ограничение поля зрения.»

tag = Elder user

reference = [Badre, 2002]; [Hanson, 2001]; [Echt, 1998]

ID = Finding\_2

name = «Ухудшение моторной координации у пожилых людей»

text (russian) = «Даже при отсутствии заболеваний, влияющих на моторную координацию (например, тремора), пожилые люди, как правило, совершают движения с меньшей точностью и затрачивая больше времени.»

tag = Elder user

reference = [Badre, 2002]; [Hanson, 2001]; [Echt, 1998]

#### П.2.5 Экземпляры класса *Principle* («Принцип»)

ID = Principle\_1

name = «Минимизация ввода данных»

text (russian) = «От пользователя должен требоваться ввод минимального объема данных и только однократно (без дублирования ввода уже доступных системе данных).»

tag = Web form

reference = [Smith, 1986]

supported by = Law\_1

ID = Principle\_2

name = «Стандартизация элементов интерфейса»

text (russian) = «Визуально схожие элементы интерфейса должны выполнять одинаковые функции, визуально различные – разные функции.»

tag = Interface design

reference = [Tognazzini, 2003]

supported by = Law\_2

## **П.2.6 Экземпляры класса *Guideline* («Рекомендация»)**

ID = Guideline\_1

name = «Минимальный размер шрифта для пожилых пользователей»

test (russian) = «В веб-приложениях, направленных на пожилых пользователей, должен использоваться размер шрифта не менее 12pt (в расчете на разрешение 1024\*768).»

tag = Font style; Size; Text; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 4]; Source\_5

supported by = Finding\_1

ID = Guideline\_2

name = «Размер и расположение гиперссылок для пожилых пользователей»

text (russian) = «Крупный размер шрифта особенно важен для гиперссылок. Следует также избегать близкого расположения нескольких разных гиперссылок, не разделённых свободным пространством.»

tag = Font style; Size; Hyperlink; Layout; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 5]; Source\_5

supported by = Finding\_1; Finding\_2

ID = Guideline\_3

name = «Динамические элементы интерфейса для пожилых пользователей»

text (russian) = «Выпадающие меню, иерархические раскрывающиеся меню и прочие движущиеся элементы интерфейса вызывают проблемы у пожилых пользователей, которые не всегда уверенно пользуются мышью. Лучше использовать статические элементы интерфейса и применять проектные решения, которые не требуют точного попадания указателем мыши в пиксели.»

tag = Menu; Navigation; Web form element; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 5]; Source\_5

supported by = Finding\_2

ID = Guideline\_4

name = «Цветовое выделение гиперссылок для пожилых пользователей»

text (russian) = «Если в веб-приложениях не применяется использование различных цветов для посещённых и не посещённых гиперссылок, пожилые пользователи могут легко забыть, какие веб-страницы они уже посещали.»

tag = Color; Hyperlink; Navigation; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 5]

ID = Guideline\_5

name = «Стиль гиперссылок и заголовков для пожилых пользователей»

text (russian) = «Следует проводить чёткое разделение между стилем текста в гиперссылках и в заголовках. Это разделение должно последовательно проводиться во всех разделах веб-приложения.»

tag = Hyperlink; Color; Header; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 22]

ID = Guideline\_6

name = «Терминология и тексты для пожилых пользователей»

text (russian) = «Техническую информацию следует представлять в неспециализированной форме, доступной для чтения и понимания. Сообщения сис-



темы (в том числе, об ошибках) должны быть понятными и не угрожающими. Необходимо тщательно обдумывать, совершенно необходимым ли является использование специализированных интернет-терминов в тексте.»

tag = User thesaurus; Text; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 22]

ID = Guideline\_7

name = «Контрастность гиперссылок для пожилых пользователей»

text (russian) = «Для гиперссылок следует использовать крупный текст с достаточной контрастностью относительно фона. Необходимо учитывать контрастность как посещённых, так и не посещённых гиперссылок.»

tag = Color; Hyperlink; Navigation; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 22]

supported by = Finding\_1

ID = Guideline\_8

name = «Область гиперссылок для пожилых пользователей»

text (russian) = «Когда графические элементы интерфейса находятся близко к гиперссылкам, их следует сделать частью гиперссылки. В некоторых случаях область гиперссылки может быть целесообразно увеличить на некоторый размер (5 пикселей) вокруг текста ссылки или кнопки.»

tag = Hyperlink; Layout; Interface element; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 22]

supported by = Finding\_2

ID = Guideline\_9

name = «Рекламные носители для пожилых пользователей»

text (russian) = «Если вам необходимо иметь на странице веб-приложения рекламные носители, не используйте те из них, которые напоминают элементы интерфейса Windows.»

tag = Advertisement; Interface element; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 23]

ID = Guideline\_10

name = «Всплывающие окна для пожилых пользователей»

text (russian) = «Если вы используете всплывающие окна, делайте их размер по умолчанию достаточным для того, чтобы пользователи могли увидеть основную часть информации без осуществления прокрутки.»

tag = Window; Layout; Scrollbar; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 23]

ID = Guideline\_11

name = «Результаты поиска для пожилых пользователей»

text (russian) = «Выдавая результаты поиска в веб-приложении, всегда повторяйте исходный запрос пользователя. Удостоверьтесь, что результаты поиска видны на странице без необходимости осуществлять прокрутку.»

tag = Search; Layout; Scrollbar; Elder user

reference = [Web Usability for Senior Citizens, с. 23]

ID = Guideline\_12

name = «Целевые эмоциональные впечатления для пожилых пользователей»

text (russian) = «Восприятие эстетического впечатления, доверия и удобства оказывают наиболее существенное воздействие на общую удовлетворенность от веб-приложения для пожилых пользователей. Рекомендуется принимать проектные решения, улучшающие данные впечатления пользователей.»

tag = Subjective satisfaction; Aesthetic impression; Trust impression; Design solution; Elder user

reference = [Bakaev, Seoul 2007]

ID = Guideline\_13

name = «Факторы, улучшающие целевые эмоциональные впечатления для пожилых пользователей»

text (russian) = «Проектировщикам интерфейсов имеет смысл улучшать компоненты «классической» эстетики, такие как «эстетичный», «чистый», «недвусмысленный», «приятный» и «симметричный». Данные составляющие повышают итоговую субъективную оценку веб-приложения пожилыми пользователями.»

tag = Subjective satisfaction; Target emotion requirement; Elder user

reference = [Bakaev, Seoul 2007]

ID = Guideline\_14

name = «Использование изображений и мультимедиа для пожилых пользователей»

text (russian) = «При использовании графических изображений и видеоматериалов следует удостовериться, что их размер и качество достаточно высоки, чтобы они были восприняты пожилыми пользователями. Сочетания цветов, используемые в изображениях (особенно если это – элементы интерфейса веб-приложения) должны обеспечивать достаточный контраст.»

tag = Imagery; Media object; Interface element; Accessibility requirement; Elder user

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 70]

ID = Guideline\_15

name = «Размер элементов интерфейса для пожилых пользователей»

text (russian) = «Желательно, чтобы размер элементов интерфейса составлял не менее 8 пикселей (1024\*768, 17 дюймовый монитор) – иначе количество ошибок, допускаемых пожилыми людьми, резко возрастает. Желательное отношение среднего расстояния движения мыши к размеру элемента интерфейса – не менее  $2^4=16$ . Также предполагается, что размер элементов интерфейса для пожилых людей должен быть в 1,42 раза больше, чем для молодых.»

tag = Size; Interface element; Error rate; Elder user

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 71]; [Бакаев, 2008, с. 19]; [Bakaev, Seoul 2009]

ID = Guideline\_16

name = «Количество содержания на странице для пожилых пользователей»

text (russian) = «Веб-страницы, предназначенные для чтения пожилыми пользователями, следует делать несколько короче, поскольку таким образом достигается снижение когнитивной нагрузки. К тому же, в некоторых случаях прокрутка страниц может вызывать затруднения у пожилых людей, недостаточно опытных в работе с мышью.»

tag = Web page; Layout; Scrollbar; Elder user

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 72]

ID = Guideline\_17

name = «Стандартизация элементов веб-форм для пожилых пользователей»

text (russian) = «Веб-формы должны избегать использования стандартных html-элементов нестандартным образом. Пожилые пользователи в высокой степени полагаются на свой предыдущий опыт работы с другими веб-приложениями, а также с большим трудом восстанавливают работу после совершения ошибки.»

tag = Web form; Web form element; Error rate; Elder user

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 72]; Source\_6

supported by = Principle\_2

ID = Guideline\_18

name = «Использование значений по умолчанию при вводе для пожилых пользователей»

text (russian) = «Веб-формы должны содержать значения по умолчанию во всех возможных случаях, т.к. пожилые люди затрачивают много времени на ввод данных, а также не всегда способны легко оценить, какие данные являются обязательными, а какие – нет. В случае ошибки заполнения формы, уже введенные значения должны сохраняться.»

tag = Web form; Performance time; Elder user

supported by = Principle\_1

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 73]; Source\_6

ID = Guideline\_19

name = «Раздел «Помощь» для пожилых пользователей»

text (russian) = «Веб-приложениям, целевыми пользователями которых являются пожилые люди, следует иметь раздел «помощь» или даже «руководство пользователя». Общеизвестно, что обычные пользователи не читают руководства, однако пожилые люди являются одной из групп, которые могут всё-таки это делать.»

tag = Help; User experience; Elder user

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 73]

ID = Guideline\_20

name = «Стабильность интерфейса для пожилых пользователей»

text (russian) = «Применение автоматических действий в интерфейсе веб-приложения, таких как авто-изменение полей веб-формы или переход на другую веб-страницу, должно быть ограничено, поскольку пожилые люди имеют более высокое время реакции. Использование отвлекающих элементов, например анимации, также следует избегать.»

tag = Web form element; Navigation; Media object; Accessibility requirement;  
Elder user

reference = [Bakaev, Busan 2006, с. 73]

supported by = Principle\_2

### **П.2.7 Добавление в БЗ расширенного набора рекомендаций**

В Табл. П.2.1.-П.2.4 приведены рекомендации, сформулированные по результатам извлечения знаний из текстологических источников и сгруппированные по различным типам веб-приложений. Рекомендации представлены в сжатом (табличном) виде, однако их добавление в БЗ осуществлялось согласно той же структуре данных, которая описана в разделе П.2.6.

Таблица П.2.1 – Рекомендации для всех типов веб-приложений

| <b>N</b> | <b>Текст рекомендации</b>                                                                                                                                     | <b>Базовые термины</b>    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1.       | Каждая страница должна иметь уникальный заголовок, полезный как пользователю (в том числе и при добавлении страницы в «Избранное»), так и поисковым системам. | Web page title            |
| 2.       | Использовать на сайте только качественно набранный текст – без опечаток и соответствующий типографическим стандартам.                                         | Text; Trust impression    |
| 3.       | Главная страница должна соответствовать целевому назначению сайта, предоставляя пользователю информацию исходя из его нужд.                                   | Homepage                  |
| 4.       | С логотипа сайта должна быть ссылка на главную страницу (кроме как на самой главной странице).                                                                | Logo; Homepage; Hyperlink |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                              | Базовые термины                                  |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 5.  | Количество позиций, отображаемых на 1 странице каталога, должно определяться исходя из разумного времени загрузки страницы (вертикальная полоса прокрутки вполне допустима).                                                    | Catalogue; Web page; Performance time; Scrollbar |
| 6.  | Предусмотреть навигацию по каталогу как по номерам страниц, так и по буквам алфавита (если товары это подразумевают). В навигации по страницам в любом случае должны быть ссылки «Следующая» и «Предыдущая».                    | Catalogue; Navigation                            |
| 7.  | Позволять пользователям сортировать или фильтровать позиции каталога по наиболее важным для них параметрам. Желательно позволять сравнение нескольких выбранных пользователем товаров (например, в виде таблицы характеристик). | Catalogue; Search                                |
| 8.  | Главная навигация сайта должна содержать ограниченное количество элементов (5-7 на верхнем уровне), включение в неё служебных пунктов нежелательно.                                                                             | Navigation; Website service (section)            |
| 9.  | Вторичная навигация не должна находиться выше главной навигации.                                                                                                                                                                | Main navigation; Secondary navigation            |
| 10. | Порядок пунктов в навигации определяется их нужностью для пользователя и частотой использования. Наиболее важные пункты доступны за 1 клик с каждой страницы сайта.                                                             | Navigation; Interface element                    |
| 11. | Названия пунктов навигации соответствуют «языку» пользователя, адекватно описывают содержание раздела. Названия разделов (страниц) должны соответствовать пунктам навигации.                                                    | Navigation; User thesaurus; Heading              |
| 12. | Все разделы сайта должны иметь явно различные названия и различные ссылки на них, чтобы избежать путаницы в восприятии пользователя.                                                                                            | Website service (section); Heading; Navigation   |
| 13. | При наличии у сайта разветвлённой структуры – создавать карту сайта. В карте сайта могут отображаться не все уровни иерархии, следует избегать перегруженности.                                                                 | Website element; Sitemap                         |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                                         | Базовые термины                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 14. | Ссылку на карту сайта, видимую с каждой страницы, желательно размещать на одном и том же месте и отдельно от остальных разделов, для большей заметности. Дополнительно, ссылки на карту сайта желательно иметь из разделов «Помощь» и «Расширенный поиск». | Sitemap; Layout                                  |
| 15. | Избегать использования в карте сайта необязательных изображений. Обеспечить максимально быструю загрузку страницы с картой сайта.                                                                                                                          | Sitemap; Imagery; Performance time               |
| 16. | Отображать положение пользователя на сайте (в структуре разделов и страниц сайта). Желательно использование навигации «хлебные крошки», показывающей путь (со ссылками) до главной страницы.                                                               | Breadcrumb navigation; Website service (section) |
| 17. | На сайте должна присутствовать специальная страница для ошибки 404, содержащая подсказку, как можно найти требуемую информацию, а также ссылки на главную страницу и поиск по сайту.                                                                       | Website element; Error rate; Homepage; Search    |
| 18. | Использовать поле поиска (адекватной длины), видимое на каждой странице сайта, а не специальную страницу «Поиск».                                                                                                                                          | Search; Layout                                   |
| 19. | Популярные запросы желательно обрабатывать специальным образом (даже в случае, если искомый товар отсутствует на сайте).                                                                                                                                   | Search; User thesaurus                           |
| 20. | Поиск по сайту должен поддерживать синонимы, обрабатывать орфографические ошибки, падежные, числовые и иные формы.                                                                                                                                         | Search; User thesaurus; Error rate               |
| 21. | Поиск по сайту должен по умолчанию использовать «И» для нескольких слов, проверять «содержится в» (а не «начинается с»), искать по всему содержанию сайта.                                                                                                 | Search; Text                                     |
| 22. | Желательно предоставление возможности использовать «Расширенный поиск» (ссылка должна быть наглядна для пользователя) с возможностью изменения характеристик поиска по умолчанию.                                                                          | Search                                           |



| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                  | Базовые термины                           |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 23. | Список результатов поиска должен быть достаточно наглядными для того, чтобы пользователь понимал, почему выдан каждый результат и что он собой представляет (страницу, товар, документ и т.д.).                                     | Search; Layout; Website service (section) |
| 24. | Позволять сортировку результатов поиска по наиболее важным для пользователя параметрам. Желательно отображение даты обновления для каждого результата.                                                                              | Search                                    |
| 25. | Результаты поиска не должны содержать позиции, которые, с точки зрения пользователя, являются дублирующими.                                                                                                                         | Search                                    |
| 26. | В случае отсутствия результатов поиска, предоставить пользователю пояснение и возможность начать новый поиск, изменив введенный запрос. Желательно предоставлять пользователю схожие варианты запросов («возможно, вы искали ...»). | Search; Text                              |
| 27. | Избегать «захламления» текстовыми стилями – не использовать более 4 различных размеров и 3 стилей текста на одной странице. Нежелательно применять цветное выделение для обычного текста, особенно синий цвет.                      | Text; Font style; Text style; Color       |
| 28. | Желательно использовать как заглавные, так и строчные буквы, не набирая даже заголовки только лишь заглавными.                                                                                                                      | Text; Heading; Size                       |
| 29. | Использовать размер шрифта по умолчанию не менее 12 pt, позволять масштабирование шрифта.                                                                                                                                           | Text; Size                                |
| 30. | Стремиться использовать основные веб-шрифты. Страница должна выглядеть корректно при наличии у пользователя лишь минимального набора установленных шрифтов.                                                                         | Text; Hyperlink; Font family              |
| 31. | Гиперссылки должны быть явно видны в тексте, крайне желательно оформлять их с подчеркиванием. При наведении курсора мыши не должен изменяться размер текста (полужирность).                                                         | Hyperlink; Text decoration; Font weight   |
| 32. | Разные ссылки не должны идти подряд, между ними следует вставлять обычный текст или достаточно пустого пространства.                                                                                                                | Hyperlink; Layout                         |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                 | Базовые термины                                                 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 33. | Ссылки с графических элементов (изображений) должны дублироваться текстовыми ссылками.                                                                                             | Hyperlink; Imagery                                              |
| 34. | Посещённые ссылки должны отличаться от не посещённых (быть менее яркими, но того же цвета). Желательно также особо выделять ссылку, если она ведёт на другой сайт.                 | Hyperlink; Color                                                |
| 35. | Говорить на языке пользователя. Не использовать без необходимости нестандартные или «заумные» термины (например, для описания цвета товара).                                       | User thesaurus                                                  |
| 36. | Использовать максимально простой уровень текста, соответствующий возрасту, знаниям и образованию пользователя.                                                                     | User thesaurus; User age; User education level; User experience |
| 37. | Использовать тексты, специально написанные для сайта. Они должны позволять легкое «сканирование» пользователем: содержать заголовки и подзаголовки, гиперссылки, списки и т.д.     | Text; Heading; Hyperlink; List                                  |
| 38. | Избегать больших фрагментов сплошного текста, «разбавляя» их изображениями, диаграммами, таблицами, списками и т.д.                                                                | Text; Imagery; Table; List                                      |
| 39. | Информацию желательно организовывать иерархически, от общего к частному. Первые несколько слов в абзаце или пункте списка должны быть максимально информативными для пользователя. | Text; Paragraph; List                                           |
| 40. | При использовании списков, стремиться помещать наиболее важную информацию первыми пунктами. Порядок следования пунктов в списке должен быть понятен и значим для пользователя.     | Text; List                                                      |
| 41. | Выделять важную информацию (например, полужирным), но не злоупотреблять этим.                                                                                                      | Text; Font weight                                               |
| 42. | Пояснять сокращения и аббревиатуры. Всплывающие подсказки у элементов содержимого (например, у ссылок), должны действительно пояснять их, а не дублировать.                        | Web page element; Web page element title                        |
| 43. | Размещать информацию в виде файлов для скачивания (.doc, .pdf) только в случае реальной целесообразности.                                                                          | File                                                            |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                                         | Базовые термины                         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 44. | Корректно использовать стандартные элементы HTML (например, флажки для множественного выбора, а радио кнопки – для выбора единственного варианта). Не изменять без необходимости стандартные элементы управления (например, стандартные полосы прокрутки). | Interface element                       |
| 45. | Одинаковые по смыслу/назначению элементы интерфейса (заголовки или ссылки, или кнопки т.д.) должны иметь одинаковый стиль.                                                                                                                                 | Interface element;<br>Design property   |
| 46. | При проектировании интерфейса – не нарушать общепринятые стандарты (например, обозначение кнопки «ОК» зелёным цветом, а «Отмена» – красным).                                                                                                               | Interface design;<br>Design solution    |
| 47. | Элементы интерфейса и содержимого сайта не должны выглядеть как реклама и наоборот.                                                                                                                                                                        | Interface element;<br>Advertisement     |
| 48. | Размер полей ввода должен соответствовать длине ожидаемых вводимых данных.                                                                                                                                                                                 | Input box; Size                         |
| 49. | В веб-формах должны использоваться ясные названия полей. Желательно заполнять поля значениями по умолчанию или просто примерами для пользователя.                                                                                                          | Web form; Input box                     |
| 50. | Минимизировать ввод, требуемый от пользователя. Чётко отмечать, ввод какой информации является обязательным, а какой – нет. Вся известная системе информация (например, которую пользователь вводил ранее) должна подставляться в готовом виде.            | Input box; Performance time; Error rate |
| 51. | Предугадывать действия пользователя (например, помещать курсор в первое поле ввода веб-формы).                                                                                                                                                             | Input box; Performance time             |
| 52. | Проверять введенную пользователем информацию, допуская максимальную свободу формата ввода (регистр в аббревиатурах, знаки тире и скобки в номере телефона и т.д.).                                                                                         | Input box; Error rate                   |
| 53. | Корректно обрабатывать нажатия Enter при заполнении формы пользователем.                                                                                                                                                                                   | Web form; Error rate                    |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                                                         | Базовые термины                                     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 54. | Корректно обрабатывать возможные ошибки взаимодействия пользователя с интерфейсом, предоставлять возможность отмены действия. Запрашивать подтверждения в случае потенциально «опасных» действий (например, удаления).                                                     | Interface element;<br>Error rate                    |
| 55. | Сообщения об ошибках должны быть написаны в вежливой и конструктивной форме, подсказывая пользователю, что ему следует делать, чтобы избежать ошибки.                                                                                                                      | Error rate; System message                          |
| 56. | Заботиться о безопасности пользователя, подсказывая ему, как лучше выбрать логин и пароль. Следует помнить, что возможность напоминания пароля по секретному вопросу – потенциальная уязвимость.                                                                           | User registration                                   |
| 57. | Форма авторизации должна содержать максимально простые и понятные элементы. Необходимо предлагать пользователю зарегистрироваться, если логин и пароль не найдены (попытка входа неудачна).                                                                                | User registration;<br>Login box                     |
| 58. | Предупреждать пользователя, если на выполнение какой-либо задачи (например, заполнение формы) даётся лимит времени. Важные сообщения должны оставаться на экране системы продолжительное время, чтобы пользователю не нужно было торопиться при их чтении или копировании. | Performance time;<br>System message                 |
| 59. | В случае если пользователю приходится ожидать выполнения (от 10 секунд) сайтом некоторой задачи, система должна отображать прогресс выполнения задачи.                                                                                                                     | Response time requirement;<br>Interface element     |
| 60. | Не злоупотреблять методами привлечения внимания пользователя – мигающими элементами, всплывающими сообщениями, а в особенности видео и аудио.                                                                                                                              | Accessibility requirement;<br>Media object          |
| 61. | Избегать автоматического обновления страниц сайта, а также изменений на открытой пользователем странице без уведомления пользователя.                                                                                                                                      | Web page;<br>Interface element                      |
| 62. | Стремиться к последовательности при дизайне, т.е. одинаковой структуре страниц сайта, одинаковому использованию цветов и т.д.                                                                                                                                              | Layout; Color; Design solution;<br>Web page element |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                | Базовые термины                                            |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 63. | Стремиться делать дизайн «по сетке», т.е. одинаково выравнивать объекты на странице по вертикали или горизонтали.                                                                                                 | Design solution;<br>Web page element                       |
| 64. | Использовать пустое место для разделения блоков на странице, но стремиться не терять место понапрасну.                                                                                                            | Web page block;<br>Layout                                  |
| 65. | Использовать в качестве фона нейтральные цвета и изображения, избегать «пестроты» фона. Обеспечить достаточный контраст текста (изображений) и фона (в том числе для просмотра в чёрно-белом формате).            | Background style;<br>Color                                 |
| 66. | Избегать «пестроты» визуальных стилей, не используя более 4 различных цветов на странице (без учёта изображений). Желательно использование контрастных цветов, с не более чем 2 различными уровнями насыщенности. | Design property;<br>Color                                  |
| 67. | Не использовать мелкий синий текст (хуже всего воспринимается человеческим зрением).                                                                                                                              | Text; Color                                                |
| 68. | Избегать горизонтальной прокрутки. Стремиться помещать наиболее важную информацию на странице так, чтобы она была видима пользователю без необходимости вертикальной прокрутки.                                   | Layout; Text;<br>Scrollbar                                 |
| 69. | Предусмотреть версии страниц «для печати».                                                                                                                                                                        | Website element;<br>Web page                               |
| 70. | Избегать использования на страницах изображений большого размера, делать более мелкие изображения для предпросмотра.                                                                                              | Imagery; Size                                              |
| 71. | Дублировать всю графическую или видео информацию текстом (например, в тэгах alt для изображений, графических карт).                                                                                               | Accessibility requirement;<br>Imagery; Media object; Text  |
| 72. | Текстовая информация должна адекватно восприниматься пользователем при отсутствии оформления (цветового, стилистического и т.д.).                                                                                 | Text; Text style;<br>Font style; Accessibility requirement |
| 73. | Не передавать важную информацию цветом, т.к. существенный процент пользователей может плохо различать цвета.                                                                                                      | Text; Color;<br>Accessibility requirement                  |

| <b>N</b> | <b>Текст рекомендации</b>                                                                                                                                                    | <b>Базовые термины</b>                                   |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 74.      | Избегать использования таблиц для оформления дизайна сайта, применять их только для организации текста. Желательно, чтобы таблицы содержали специальные тэги для заголовков. | Table; Layout; Text; Accessibility requirement           |
| 75.      | Интерфейс сайта должен адекватно функционировать при отключенных скриптах и апплетах.                                                                                        | Embedded application (applet); Accessibility requirement |
| 76.      | Учитывать стандарты мер, валют, написания чисел и верстки текстов, существующие в различных странах мира. При необходимости – предоставлять конверторы.                      | Accessibility requirement; Text                          |

Таблица П.2.2 – Рекомендации для веб-приложений электронной коммерции

| <b>N</b> | <b>Текст рекомендации</b>                                                                                                                                                  | <b>Базовые термины</b>                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 77.      | Наглядно показывать цену товаров, стоимость доставки и полную стоимость заказа, причём без необходимости предварительной регистрации.                                      | E-commerce website; Catalogue                         |
| 78.      | Желательно позволять осуществление покупок на сайте без необходимости регистрации (но пояснить пользователю преимущества регистрации).                                     | E-commerce website; Shopping cart; User registration  |
| 79.      | Не рекламировать и не показывать пользователю продукты, которые не продаются. В случае временного отсутствия товара в наличии – показывать ориентировочную дату появления. | E-commerce website; Catalogue                         |
| 80.      | Отображать условия доставки, позволять выбирать различные варианты доставки, выдавать оценку сроков доставки для заказа.                                                   | E-commerce website; Delivery system                   |
| 81.      | Наглядно отображать ссылки на условия гарантии, возврата и т.д.                                                                                                            | E-commerce website; Delivery system; Trust impression |
| 82.      | Предлагать пользователю сопутствующие товары, но не ставить препятствий на пути к оформлению и оплате заказа.                                                              | E-commerce website; Catalogue; Shopping cart          |
| 83.      | В разделе «Новости» делать акцент на новых товарах и скидках, а не изменениях на сайте.                                                                                    | E-commerce website; Advertisement                     |

| N   | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                | Базовые термины                                                        |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 84. | Предусмотреть, что адрес покупателя и адрес доставки могут различаться. Желательно позволять добавление к заказу «пожелания» и скрытие от третьего лица цены заказа.                              | E-commerce website; Shopping cart; Delivery system                     |
| 85. | После завершения оформления заказа отправлять итоговое письмо (с адресом доставки и прочей информацией) пользователю по эл. почте.                                                                | E-commerce website; Shopping cart; Email confirmations / newsletters   |
| 86. | Отображать подробную информацию о компании (владелец сайта).                                                                                                                                      | E-commerce website; About us; Trust impression                         |
| 87. | Желательно использовать ссылки на известных производителей, торговые марки и независимые источники.                                                                                               | E-commerce website; Trust impression; Homepage                         |
| 88. | Предоставлять полную и достоверную информацию о товарах; возможно сопровождать её ссылками на независимые обзоры товаров.                                                                         | E-commerce website; Catalogue; Trust impression                        |
| 89. | Запрашивать личные данные пользователя только если они действительно необходимы. Предоставить пользователю ссылку на информацию о защите его персональных данных и хранить их надлежащим образом. | E-commerce website; User registration                                  |
| 90. | Информировать покупателя в случаях возникновения задержек с доставкой заказа.                                                                                                                     | E-commerce website; Delivery system; Email confirmations / newsletters |
| 91. | Обеспечивать достоверность и обновление содержания сайта.                                                                                                                                         | E-commerce website; Trust impression                                   |
| 92. | Минимизировать использование внешней рекламы, особенно всплывающих окон.                                                                                                                          | E-commerce website; Advertisement                                      |
| 93. | Внешний вид страниц сайта должен позволять однозначно понять, что они относятся к одному и тому же сайту.                                                                                         | E-commerce website; Design property                                    |
| 94. | Желательно разместить информацию о реальных людях, представляющих компанию (возможно, с фотографиями и краткой информацией о них).                                                                | E-commerce website; About us; Imagery                                  |

| N    | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                                         | Базовые термины                                       |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 95.  | Особое внимание уделять коммуникации по эл. почте – качеству подтверждающих писем, писем рассылки и т.д.                                                                                                                                                   | E-commerce website; Email confirmations / newsletters |
| 96.  | Показывать каталог прямо начиная с главной страницы, отображая на ней наиболее популярные (или продвигаемые) товары и категории товаров.                                                                                                                   | E-commerce website; Homepage; Catalogue               |
| 97.  | Главная страница должна содержать ссылки на наиболее важную «обеспечивающую» информацию: договора, условия гарантии и возврата, условия и стоимости доставки и т.д.                                                                                        | E-commerce website; Homepage                          |
| 98.  | Структура каталога должна соответствовать представлению о продукции пользователей, а не владельцев сайта. Возможно использование нескольких классификационных схем (иерархия, тэги) и перекрёстных ссылок.                                                 | E-commerce website; Catalogue; Navigation             |
| 99.  | Желательно структурировать слишком обширную информацию о товаре, позволять пользователю получить интересующую его информацию по запросу (клику).                                                                                                           | E-commerce website; Catalogue; Text                   |
| 100. | Изображения должны демонстрировать существенные свойства и характеристики товара, иметь достаточное качество и яркость. Желательно показывать товар с разных сторон.                                                                                       | E-commerce website; Catalogue; Imagery                |
| 101. | Если существенное свойство товара не может быть показано на его изображении, пояснить его отдельно.                                                                                                                                                        | E-commerce website; Catalogue; Imagery                |
| 102. | В случае наличия у товара различных опций, предоставлять пользователю выбрать их ДО помещения товара в корзину. Отображать выбранные опции у товара в корзине.                                                                                             | E-commerce website; Shopping cart                     |
| 103. | Желательно использовать горизонтальные ссылки на схожие или сопутствующие товары, с целью повышения объема продаж.                                                                                                                                         | E-commerce website; Catalogue; Hyperlink              |
| 104. | Механизм (кнопка) «Купить» и корзина должны работать максимально просто. Корзина должна наглядно отображать все существенные характеристики товара и позволять изменение выбранных товаров, а также содержать легко заметную кнопку для оформления заказа. | E-commerce website; Shopping cart                     |



| <b>N</b> | <b>Текст рекомендации</b>                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Базовые термины</b>                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 105.     | Сделать процесс оформления заказа простым настолько, насколько возможно. Желательно минимизировать отвлекающие элементы, относящиеся к сайту (или вообще осуществлять оформление в отдельном от сайта окне). Однако должен быть предусмотрен возврат к продолжению покупок на сайте. | E-commerce website; Shopping cart; Navigation                            |
| 106.     | Наглядно отображать все шаги при оформлении заказа и текущий шаг, предоставить пользователю возможность удобного перемещения между ними (в том числе и возврат).                                                                                                                     | E-commerce website; Shopping cart; Navigation                            |
| 107.     | На заключительной странице отображать итог – в каком виде будет оформлен заказ. После подтверждения оформления заказа показывать страницу «заказ оформлен».                                                                                                                          | E-commerce website; Shopping cart                                        |
| 108.     | Запросы пользователей по поиску товаров должны сохраняться для последующего анализа администрацией сайта (как маркетинговой, так и технической составляющей).                                                                                                                        | E-commerce website; Search                                               |
| 109.     | Желательно предусмотреть инструкции по использованию сайта для неопытных пользователей.                                                                                                                                                                                              | E-commerce website; Help; Accessibility requirement                      |
| 110.     | Чётко описывать, в каких странах или регионах осуществляет деятельность компания, куда возможна доставка заказов. В случае возможности технических, таможенных или юридических затруднений при доставке – предупреждать о них пользователя заранее.                                  | E-commerce website; Accessibility requirement; About us; Delivery system |

Таблица П.2.3 – Рекомендации для веб-приложений электронного правительства и гос. услуг

| <b>N</b> | <b>Текст рекомендации</b>                                                                                                                                                                                       | <b>Базовые термины</b>                          |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 111.     | Следовать принципам доступности для всех категорий пользователей (крупный размер текста и элементов интерфейса, достаточный контраст с фоном, соответствие HTML-кода соответствующим рекомендациям W3C и т.д.). | E-government website; Accessibility requirement |

| N    | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                                                                       | Базовые термины                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 112. | Корректно работать (хотя бы в режиме только просмотра) с максимально возможной номенклатурой программ-браузеров и при различных размерах и разрешениях экрана.                                                                                                                           | E-government website; User screen resolution; User web browser |
| 113. | Обязательно предоставлять руководства пользователя (различной степени детальности), а также раздел вопросов и ответов.                                                                                                                                                                   | E-government website; Help; Q&A                                |
| 114. | Информация не должна быть зашифрована или защищена от доступа иными средствами, не позволяющими осуществить ознакомление пользователя информацией с ее содержанием без использования иного программного обеспечения или технических средств, чем веб-обозреватель.                       | E-government website; Text; Accessibility requirement          |
| 115. | На каждой странице официального сайта должны быть размещены: главное меню, явно обозначенная ссылка на главную страницу, ссылка на карту официального сайта, наименование федерального органа исполнительной власти (территориального органа федерального органа исполнительной власти). | E-government website; Layout; About us; Sitemap; Menu          |
| 116. | Объем раскрытия информации о сайте и соответствующем гос.органе должен соответствовать текущим нормативным актам.                                                                                                                                                                        | E-government website; About us                                 |
| 117. | ПО и форматы информации должны обеспечивать работоспособность действующего официального сайта под нагрузкой, определяемой требованиями текущих нормативных актов.                                                                                                                        | E-government website; Response time requirement                |
| 118. | Предоставлять соответствующую актуальную нормативную базу, желательно в контекстном режиме. В случае если устаревшие документы хранятся на сайте в качестве архива, они должны быть явно помечены таковыми.                                                                              | E-government website; Text                                     |
| 119. | Явно отображать контактную информацию и осуществлять приём обращений граждан (пользователей), оперативно отвечая на них.                                                                                                                                                                 | E-government website; Contacts                                 |
| 120. | Если сайт подразумевает регулярное использование, внесение изменений (обновлений) в его работу должно сопровождаться заблаговременным объявлением и разъяснениями, а также соответствующими изменениями в руководствах пользователя.                                                     | E-government website; News / events; Help                      |

| N    | Текст рекомендации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Базовые термины                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 121. | При необходимости проведения плановых технических работ, в ходе которых доступ пользователей к информации, размещенной на официальном сайте, будет невозможен, уведомление об этом должно быть размещено на главной странице официального сайта не менее чем за сутки до начала работ.                                                                                                           | E-government website; News / events |
| 122. | ПО и форматы информации должны предоставлять пользователям информацией возможность определить дату и время размещения информации, а также дату и время последнего изменения информации на официальном сайте.                                                                                                                                                                                     | E-government website; Web page      |
| 123. | ПО и форматы информации должны предоставлять пользователям информацией возможность беспрепятственного поиска и получения всей текстовой информации, размещенной на официальном сайте, включая поиск документа среди всех документов, опубликованных на сайте, по его реквизитам, содержанию документа, а также по фрагментам текста, содержащегося в размещенном на официальном сайте документе. | E-government website; Search        |
| 124. | Вся размещенная на официальном сайте информация должна быть доступна пользователям информацией путем последовательного перехода по гиперссылкам, начиная с главной страницы официального сайта. Количество таких переходов (по кратчайшей последовательности) должно быть не более пяти.                                                                                                         | E-government website; Navigation    |
| 125. | Информация в виде текста размещается на официальном сайте в формате, обеспечивающем возможность поиска и копирования фрагментов текста средствами веб-обозревателя («гипертекстовый формат») и допускающем сохранение на технических средствах пользователя.                                                                                                                                     | E-government website; Text; File    |
| 126. | Должен существовать раздел новостей и объявлений, с возможностью подписки для пользователей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | E-government website; News / events |

Таблица П.2.4 – Рекомендации для веб-приложений образовательных учреждений

| N    | Текст рекомендации                                                                                                                         | Базовые термины                                       |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 127. | Следует придерживаться «классических» визуального дизайна и интерфейсных решений, без использования излишней графики или медиа-технологий. | Educational website;<br>Design property               |
| 128. | Желательно в максимальной степени показывать людей, относящихся к учреждению (преподаватели, выпускники и т.д.).                           | Educational website;<br>Trust impression;<br>About us |
| 129. | Целесообразно может быть использование «календаря событий».                                                                                | Educational website;<br>Website service<br>(section)  |

## **Приложение 3**

### **Правила производственной модели (Р) в ИС**

В данном Приложении приводятся правила вывода, созданные для интеллектуальной системы. При описании правил в Табл. П.3.1-П.3.4 используются имена слотов классов *Target user* (с добавлением слота *user type*, обозначающего тип пользователя), *User attribute*, *Use context*, *User experience*, *Website* (с добавлением слота *website type*, обозначающего тип веб-приложения и слота *website content*, содержащего список сервисов веб-приложения) и *HCI engineering class*.

Конструкция *nil* означает отсутствующее значение, знак «= $\Rightarrow$ » в антецеденте означает сравнение (в случае мультислота – проверку вхождения), а в консеквенте – присваивание (в случае мультислота – добавление). В значениях слотов в качестве разделителя вместо пробела используется символ «+».

Таблица П.3.1 – Правила для задания характеристик целевого пользователя ( $P_U$ )

| N  | Антецендент (если...)                                                                               | Консеквент (то...)                         | Примечание                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <i>age from</i> $\geq 55$                                                                           | <i>user type</i> = elder+user              | По определению пожилого пользователя.                                                                                    |
| 2. | <i>age from</i> = nil AND ( <i>website type</i> = e+commerce OR <i>website type</i> = e+government) | <i>age from</i> = 18                       | Совершать покупки и использовать гос. услуги могут совершеннолетние граждане (с 18 лет).                                 |
| 3. | <i>age to</i> = nil AND ( <i>website type</i> = educational OR <i>website type</i> = e+government)  | <i>age to</i> = 80                         | Сайты эл. правительства и образовательных учреждений должны рассчитываться на пользователей любого возраста (до 80 лет). |
| 4. | <i>IT experience level</i> = nil AND <i>user type</i> = elder+user                                  | <i>IT experience level</i> = novice        | Как правило, пожилые пользователи имеют низкий опыт в ИТ.                                                                |
| 5. | <i>website experience level</i> = nil AND <i>website type</i> = intranet                            | <i>website experience level</i> = advanced | Как правило, веб-сайты интранет рассчитаны на опытных пользователей.                                                     |

| N   | Антецедент (если...)                                                                                | Консеквент (то...)                    | Примечание                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.  | <i>user gender = nil</i><br>AND <i>user type = elder+user</i> AND <i>nationality = "Russian"</i>    | <i>gender = female</i>                | Большинство пожилых пользователей в России – женщины.                                                            |
| 7.  | <i>user education = nil</i><br>AND <i>user type = elder+user</i> AND <i>nationality = "Russian"</i> | <i>education level = college</i>      | Большинство пожилых пользователей в России имеют высшее образование.                                             |
| 8.  | <i>domain experience level = novice</i> AND <i>education level = none</i>                           | <i>thesaurus level = beginner</i>     | Правила для определения уровня тезауруса пользователя исходя из опыта в предметной области и уровня образования. |
| 9.  | <i>domain experience level = novice</i> AND <i>education level != none</i>                          | <i>thesaurus level = intermediate</i> |                                                                                                                  |
| 10. | <i>domain experience level = advanced</i> AND <i>education level = none</i>                         | <i>thesaurus level = intermediate</i> |                                                                                                                  |
| 11. | <i>domain experience level = advanced</i> AND <i>education level != none</i>                        | <i>thesaurus level = advanced</i>     |                                                                                                                  |
| 12. | <i>domain experience level = expert</i> AND <i>education level != college</i>                       | <i>thesaurus level = advanced</i>     |                                                                                                                  |
| 13. | <i>domain experience level = expert</i> AND <i>education level = college</i>                        | <i>thesaurus level = professional</i> |                                                                                                                  |
| 14. | <i>access point = nil</i> AND <i>user type = elder+user</i>                                         | <i>access point = home</i>            | Пожилые люди, как правило, находятся на пенсии и выходят в интернет из дома.                                     |

| <b>N</b> | <b>Антецендент (если...)</b>                                                                   | <b>Консеквент (то...)</b>                                                       | <b>Примечание</b>                                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15.      | <i>internet access</i> = nil<br>AND <i>website type</i> = intranet                             | <i>internet access</i> = local+network                                          | Доступ к интранету организации, как правило, осуществляется из локальной сети.                                             |
| 16.      | <i>web browser</i> = nil<br>AND <i>nationality</i> = Russian AND <i>user type</i> = elder+user | <i>web browser</i> = IE                                                         | Наиболее популярный веб-браузер у российских пожилых людей – Internet Explorer, т.к. он входит в стандартную установку ОС. |
| 17.      | <i>screen resolution</i> = nil AND <i>nationality</i> = Russian                                | <i>screen resolution width</i> = 1024;<br><i>screen resolution height</i> = 768 | Минимальное разрешение экрана у российских пользователей составляет 1024 на 768 пикселей.                                  |

Таблица П.3.2 – Правила для задания перечня сервисов (разделов) веб-приложения ( $P_w$ )

| <b>N</b> | <b>Антецендент (если...)</b>                                                | <b>Консеквент (то...)</b>                                                                                                                                                                                                                         | <b>Примечание</b>  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 18.      | <i>website type</i> = e+commerce<br>AND <i>func requirement</i> = Fun-Req_1 | <i>website content</i> = Homepage; About us; Contacts                                                                                                                                                                                             | Согласно Табл. 4.2 |
| 19.      | <i>website type</i> = e+commerce<br>AND <i>func requirement</i> = Fun-Req_2 | <i>website content</i> = Homepage; News / events; Services; CMS / back-office                                                                                                                                                                     |                    |
| 20.      | <i>website type</i> = e+commerce<br>AND <i>func requirement</i> = Fun-Req_3 | <i>website content</i> = Homepage; News / events; About us; Contacts; Catalogue; Sitemap; Help; Search; Shopping cart; Payment system; Delivery system; Advertisement; CMS / back-office;<br>User registration; Email confirmations / newsletters |                    |



| N   | Антецендент<br>(если...)           | Консеквент (то...)                                                                                                                                                                                                            | Примечание                                                                                  |
|-----|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21. | <i>website type</i> = educational  | <i>website content</i> = Homepage; News / events; About us; Contacts; Sitemap; Search; CMS / back-office; Departments / facilities; Faculty / staff; Alumni / employment; Majors / programs; Admission; Curriculum; Tutorials |                                                                                             |
| 22. | <i>user type</i> = elder+user      | <i>website content</i> = Sitemap; Help                                                                                                                                                                                        | Добавление сервисов веб-приложения, рекомендуемых (Guideline_19) для пожилых пользователей. |
| 23. | <i>len (website content)</i> >= 10 | <i>website content</i> = Sitemap                                                                                                                                                                                              | Если веб-сайт имеет 10 и более сервисов, обязательно наличие карты сайта.                   |

Таблица П.3.3 – Правила для формирования контекста проекта ( $P_{Pr}$ ) и порождения набора рекомендаций ( $P_G$ )

| N   | Антецендент<br>(если...)                                            | Консеквент (то...)                                                      | Примечание                                                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24. | <i>user type</i> = elder+user                                       | <i>project tags</i> = Elder user; Accessibility requirement; Error rate | Пожилые пользователи – особая группа в ЧКВ, имеющая требования к доступности и минимизации ошибок. |
| 25. | <i>user type</i> = elder+user                                       | <i>project tags</i> = Size; Color                                       | Размер элементов интерфейса и контраст важны для пожилых пользователей.                            |
| 26. | <i>user type</i> = elder+user                                       | <i>project tags</i> = Aesthetic impression; Trust impression            | На основе результатов, полученных в главе 3 (Guideline_12).                                        |
| 27. | <i>user type</i> != elder+user AND <i>website type</i> = e+commerce | <i>project tags</i> = Performance time; Success rate                    | Важные характеристики для сайтов эл. коммерции.                                                    |

| N   | Антецендент<br>(если...)                 | Консеквент (то...)                                                                                                           | Примечание                                                                                       |
|-----|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 28. | <i>gender = female</i>                   | <i>project tags = Aesthetic impression</i>                                                                                   | Женщины имеют свойство уделять больше внимания эстетическому впечатлению от веб-приложения.      |
| 29. | <i>thesaurus level = beginner</i>        | <i>project tags = User thesaurus</i>                                                                                         | Тезаурус пользователя важен в случае низкого уровня.                                             |
| 30. | <i>IT experience level = novice</i>      | <i>project tags = IT experience</i>                                                                                          | Необходимо особое внимание в случае низкого уровня пользователя.                                 |
| 31. | <i>domain experience level = novice</i>  | <i>project tags = Domain experience</i>                                                                                      |                                                                                                  |
| 32. | <i>website experience level = novice</i> | <i>project tags = Website experience</i>                                                                                     |                                                                                                  |
| 33. | <i>requirement tag = *</i>               | <i>project tags = *</i>                                                                                                      | Включение терминов требований (результатов анализа текста) в термины проекта.                    |
| 34. | <i>website content = *</i>               | <i>project tags = *</i>                                                                                                      | Включение сервисов веб-приложения в термины проекта.                                             |
| 35. | <i>website type = e+commerce</i>         | <i>project tags = Trust impression; Aesthetic impression; Success rate; Response time requirement</i>                        | Наиболее важные для сайтов эл. коммерции показатели качества интерфейса и эмоциональные факторы. |
| 36. |                                          | <i>project tags = Website; Web page; Website element; Website service / section; Target user; Target emotion requirement</i> | Правила по умолчанию (без антецендента).                                                         |
| 37. | <i>project tags = *</i>                  | <i>guideline = *</i>                                                                                                         | Выбор рекомендации при совпадении одного из терминов с терминами проекта.                        |

Таблица П.3.4 – Правила для формирования проекта веб-интерфейса ( $P_l$ )

| N   | Антецендент<br>(если...)                                                         | Консеквент (то...)                                                                      | Примечание                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 38. |                                                                                  | <i>web page content</i> =<br>Page header; Side column left; Main text area; Page footer | Элементы стандартной структуры веб-страницы сайта («шапка», 2 колонки, «подвал»).                             |
| 39. | <i>screen resolution width</i><br>≥1100                                          | <i>web page content</i> =<br>Side column right                                          | В случае ширины веб-страницы более 1100 пикселей, должна использоваться 3-я колонка.                          |
| 40. |                                                                                  | <i>web page element</i> =<br>Logo; Main navigation                                      | Каждая веб-страница должна иметь логотип и главную навигацию (в «шапке» страницы).                            |
| 41. | <i>website content</i><br>= Contacts                                             | <i>web page element</i> =<br>Contact information box                                    | Блок с контактной информацией (в «шапке» страницы).                                                           |
| 42. | <i>website content</i><br>= Catalogue OR<br><i>website content</i><br>= Services | <i>web page element</i> =<br>Secondary navigation                                       | В случае наличия раздела «Каталог» или «Услуги», должна присутствовать вторичная навигация (в левой колонке). |
| 43. | <i>website content</i><br>= Shopping cart                                        | <i>web page element</i> =<br>Shopping cart box                                          | Блок «Корзина» (в правой колонке сайта).                                                                      |
| 44. | <i>web page content</i> = Main text area                                         | <i>web page element</i> =<br>Heading                                                    | Каждая страница сайта должна иметь заголовок над основным текстом.                                            |
| 45. | <i>website content</i><br>= Advertisement                                        | <i>web page element</i> =<br>Advertisement box                                          | В случае наличия подсистемы рекламы, должен присутствовать соответствующий блок (в «подвале» страницы).       |
| 46. | <i>website content</i><br>= Contacts                                             | <i>web page element</i> =<br>Contacts box                                               | В случае наличия раздела «Контакты», должен присутствовать соответствующий блок (в «подвале» страницы).       |

| N   | Антецендент<br>(если...)         | Консеквент (то...)                                              | Примечание                                                                |
|-----|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 47. |                                  | <i>css declaration</i> =<br>links+underline                     | Ссылки должны быть подчеркнуты.                                           |
| 48. |                                  | <i>css declaration</i> = head-<br>ing+size; head-<br>ing+margin | Заголовки страниц должны быть заметны (увеличенный размер, отступы).      |
| 49. |                                  | <i>css declaration</i> =<br>font+family+sans+serif              | Для основного текста веб-сайтов рекомендуется стиль шрифта без «засечек». |
| 50. | <i>user type</i> =<br>elder+user | <i>css declaration</i> =<br>font+size+increased                 | Размер шрифта для пожилых людей должен быть увеличен (130%).              |

## **Приложение 4**

### **Тексты программ на языке CLIPS**

В данном Приложении приводятся тексты программ на языке CLIPS:

- 1) *rules.clp* – содержит правила ИС;
- 2) *functions.clp* – содержит сопутствующие функции и методы (*define-sage-handler*) для работы с классами.

Содержимое файлов *classes.clp* (содержит классы онтологии на языке CLIPS, объем 35635 Б) и *instances.clp* (содержит экземпляры классов на языке CLIPS, объем 223198 Б) не приводится вследствие большого объема, файлы могут быть получены по запросу у автора диссертационной работы, как и программы на языке PHP.

### 1) Файл правил ИС, *rules.clp*

```
(defrule start
  (initial-fact)
  =>
  (initialize) ; initialize the system and load data
  (create-new-website) ; script is only used to create new project file from
*.user.clp and *.req-tags.clp
)
```

```
(defrule fill-hci-task-interface ; filling the structure for interface: hci engineer-
ing task, web interface design, website, web page
  ?hci+task <- (hci+engineering+task (name ?hci+task+name)
(web+interface+design nil))
  =>
  (bind ?web+interface+design+name (str-cat "Interface for project: "
?hci+task+name))
  (bind ?web+page+name (str-cat "Web page template for project: "
?hci+task+name))
```

```

      (assert (web+interface+design (name ?web+interface+design+name)
(web+page+template ?web+page+name)))) ;
      (modify ?hci+task (web+interface+design
?web+interface+design+name))
      (assert (website (name (str-cat "Website name: " ?hci+task+name))
(website+type type+of+site) (website+content)))
      (assert (web+page (name ?web+page+name)))
    )

```

```

(defrule fill-elder-user ; rule 1
  (user+attributes (age+from ?age+from))
  ?target+user <- (target+user (name User) (user+type nil))
  =>
  (if (eq nil ?age+from) then
    else (if (>= ?age+from 55) then
      (modify ?target+user (user+type elder+user))
    )
  )
)

```

```

(defrule fill-adult-age ; rule 2
  (or (website+type (type e+commerce)) (website+type (type
e+government)))
  ?user+attributes <- (user+attributes (age+from nil))
  =>
  (modify ?user+attributes (age+from 18))
)

```

```

(defrule fill-age-e+government ; rule 3

```

```

      (or (website+type (type educational)) (website+type (type
e+government))))

```

```

      ?user+attributes <- (user+attributes (age+from nil))

```

```

=>

```

```

      (modify ?user+attributes (age+to 80))

```

```

)

```

```

(defrule fill-exp-elder ; rule 4

```

```

  (target+user (user+type elder+user))

```

```

  ?user+exp <- (user+experience (IT+experience+level nil))

```

```

=>

```

```

  (modify ?user+exp (IT+experience+level novice))

```

```

)

```

```

(defrule fill-exp-intranet ; rule 5

```

```

  ?user+exp <- (user+experience (website+experience+level nil))

```

```

  (website+type (type intranet))

```

```

=>

```

```

  (modify ?user+exp (website+experience+level advanced))

```

```

)

```

```

(defrule fill-russian-elder-gender ; rule 6

```

```

  ?user+attributes <- (user+attributes (gender nil) (nationality Russian))

```

```

  (target+user (user+type elder+user))

```

```

=>

```

```

  (modify ?user+attributes (gender female))

```

```

)

```

```

(defrule fill-russian-education ; rule 7

```



```

?user+attributes <- (user+attributes (education+level nil) (nationality
Russian))
(target+user (user+type elder+user))
=>
(modify ?user+attributes (education+level college))
)

```

; пропущено несколько правил, соответствующих перечисленным в Приложении 3

```

(defrule fill-content-presentation
  (website+type (type e+commerce))
  (func+requirement (name website+purpose) (value presenta-
tion+website))
  ?website <- (website (website+content))
  =>
  (bind $?website+content (create$ Homepage About+us Contacts Adver-
tisement Services))
  (modify ?website (website+content $?website+content))
)

```

```

(defrule fill-content-e+catalogue
  (website+type (type e+commerce))
  (func+requirement (name website+purpose) (value e+catalogue))
  ?website <- (website (website+content))
  =>
  (bind $?website+content (create$ Homepage About+us Contacts Adver-
tisement Services Catalogue Search))
  (modify ?website (website+content $?website+content))
)

```

)

```
(defrule fill-content-e+shop
  (website+type (type e+commerce))
  (func+requirement (name website+purpose) (value e+shop))
  ?website <- (website (website+content))
  =>
  (bind $?website+content (create$ Homepage About+us Contacts Adver-
tisement Services Catalogue Search Sitemap Shopping+cart Payment+system Deliv-
ery+system))
  (modify ?website (website+content $?website+content))
)
```

```
(defrule fill-content-educational
  (website+type (type educational))
  ?website <- (website (website+content))
  =>
  (bind $?website+content (create$ Homepage News+%2F+events
About+us Contacts Sitemap Search CMS+%2F+back-office Depart-
ments+%2F+facilities Faculty+%2F+staff Alumni+%2F+employment Ma-
jors+%2F+programs Admission Curriculum Tutorials))
  (modify ?website (website+content $?website+content))
)
```

```
(defrule fill-content-default ; if no content was filled before
```

```
  ?website <- (website (website+content))
  (salience -25)
  =>
  (bind $?website+content (create$ Homepage About+us Contacts))
```

```

(modify ?website (website+content $?website+content))
)

(defrule modify-content-elder+user
  (target+user (user+type elder+user))
  ?website <- (website (website+content $?website+content))
  (test (or (not (member$ Help $?website+content)) (not (member$ Site-
map $?website+content))))
  (salience -50)
=>
  (if (member$ Help $?website+content) then else
    (bind ?len (+ (length$ $?website+content) 1))
    (bind $?website+content (insert$ $?website+content ?len Help))
  )
  (if (member$ Sitemap $?website+content) then else
    (bind ?len (+ (length$ $?website+content) 1))
    (bind $?website+content (insert$ $?website+content ?len Site-
map))
  )
  (modify ?website (website+content $?website+content))
)

(defrule fill-web+page-nodes
  (declare (salience -100))
  ?web+page <- (web+page (name ?web+page+name)
(web+page+content))
  (website (website+content $?website+content))
  (use+context (screen+resolution+width ?screen+resolution+width))
=>

```

```
(bind $?web+page+content (create$ page+header side+column+left
main+text+area page+footer))
```

```
(if (eq ?screen+resolution+width nil) then (bind
?screen+resolution+width 0)) ; to make it integer for comparison
```

```
(if (>= ?screen+resolution+width 1100) then
```

```
(bind ?len (+ (length$ $?web+page+content) 1))
```

```
(bind $?website+content (insert$ $?web+page+content ?len
side+column+right))
```

```
)
```

```
(modify ?web+page (web+page+content $?web+page+content))
```

```
(generate-nodes $?website+content $?web+page+content)
```

```
)
```

```
(defrule fill-style-sheet
```

```
(declare (salience -150))
```

```
?web+interface+design <- (web+interface+design (name
?web+interface+design+name) (style+sheet))
```

```
=>
```

```
(modify ?web+interface+design (style+sheet (create$ style+sheet
body+styles heading+styles links+styles main+text+styles)))
```

```
(generate-style-sheet)
```

```
)
```

```
(defrule add-tags-default ; default tags, more may be added
```

```
(declare (salience -200))
```

```
?project+tags <- (project+tags)
```

=>

```
(add-tags ?project+tags (create$ Website Web+page Website+element
Website+service+%28section%29 Target+user Target+emotion+requirement))
)
```

```
(defrule add-tags-user
```

```
  (declare (salience -250))
```

```
  ?target+user <- (target+user (user+type ?user+type))
```

```
  (website (website+type ?website+type))
```

```
  ?user+attributes <- (user+attributes (gender ?gender) (thesaurus+level
?thesaurus))
```

```
  ?project+tags <- (project+tags)
```

=>

```
(if (eq ?user+type elder+user) then
```

```
  ; elder users are a special user group, they have accessibility re-
quirements, they tend to avoid errors
```

```
  (add-tags ?project+tags (create$ Elder+user Accessibil-
ity+requirement Error+rate Size Color Aesthetic+impression Trust+impression))
```

```
  ; in design, size and color are most important
```

```
  ;(add-tags ?project+tags (create$ Size Color))
```

```
  ; most important are trust and aesthetics
```

```
  ;(add-tags ?project+tags (create$ Aesthetic+impression
Trust+impression))
```

```
  else
```

```
  (if (eq ?website+type e+commerce) then
```

```
    ; success rate and performance time are most important in-
terface qualities for regular users in e-commerce
```

```
    (add-tags ?project+tags (create$ Performance+time Suc-
cess+rate))
```

```

    )
  )
  (if (eq ?gender female) then
    ; female users tend to value aesthetics in design
    (add-tags ?project+tags (create$ Aesthetic+impression))
  )
  (if (eq ?thesaurus beginner) then
    ; thesaurus consideration for beginner users
    (add-tags ?project+tags (create$ User+thesaurus))
  )
)

```

```

(defrule add-tags-requirements
  (declare (salience -250))
  (requirement+tag (tag ?requirement+tag))
  ?project+tags <- (project+tags)
  =>
  ; for now, just copying requirement tags to project tags
  (add-tags ?project+tags ?requirement+tag)
)

```

```

(defrule add-tags-website-type
  (declare (salience -250))
  ?website <- (website (website+type ?website+type))
  ?project+tags <- (project+tags)
  =>

  (if (eq ?website+type e+commerce) then

```

```

      (add-tags ?project+tags (create$ Trust+impression Aes-
thetic+impression))

```

```

      (add-tags ?project+tags (create$ Success+rate Re-
sponse+time+requirement))

```

```

    )

```

```

  )

```

```

(defrule add-tags-website-content

```

```

  (declare (salience -250))

```

```

  ?website <- (website (website+content $?website+content))

```

```

  ?project+tags <- (project+tags)

```

```

=>

```

```

; for now, just adding all website services as tags

```

```

(add-tags ?project+tags $?website+content)

```

```

)

```

```

(defrule select-guidelines ; selecting guidelines by tags

```

```

  (declare (salience -500))

```

```

  (project+tags (tag $?select+tag))

```

```

  ?guideline <- (object (is-a Guideline))

```

```

=>

```

```

(loop-for-count (?num 1 (length$ $?select+tag)) do

```

```

  (send ?guideline select-guidelines (nth$ ?num $?select+tag))

```

```

)

```

```

)

```

```

(defrule save-new-website ; executed at the end of create new website process

```

```

  (declare (salience -1000))

```

```

  (project+name (name ?project+name))

```

```
=>
(bind ?file+name (str-cat ?project+name ".clp"))
(save-facts ?file+name)
(printout t "NEW WEB INTERFACE CREATED" crlf)
(printout t "Project saved to " ?file+name crlf)
)
```

## 2) Файл функций ИС, *functions.clp*

(deffunction class-to-template (?class ?output) ; this function outputs deftemplate definition for any class.

```
(printout ?output "(deftemplate " ?class crlf)
(if (class-abstractp ?class) then
    else (printout ?output " (slot name)" crlf)
)
(progn$ (?slot (class-slots ?class))
(if (member$ SGL (slot-facets ?class ?slot))
    then (printout ?output " (slot " ?slot ")" crlf)
    else (printout ?output " (multislot " ?slot ")" crlf))
)
(printout ?output ")" crlf)
)
```

```
(deffunction transfer-classes ()
(bind $?classes (get-defclass-list))
(bind ?end+of+service+classes (member$ INITIAL-OBJECT $?classes))
(open "templates_from_classes.clp" output+file "w")
(loop-for-count (?num ?end+of+service+classes (length$ $?classes)) do
    (class-to-template (nth$ ?num $?classes) output+file)
)
```



```

(close output+file)
)

```

```

(deffunction initialize ()
  (set-fact-duplication FALSE)
  (load-instances "instances.clp") ; instances storage file
)

```

```

(deffunction create-new-website ()
  (printout t crlf "Please, input new project name" crlf) ; TODO: to run in
background, project name would have to be passed as a parameter
  (bind ?project+name (readline))

```

```

  (bind ?user+filename (str-cat "user." ?project+name ".clp"))
  (bind ?load+status+user FALSE)

```

```

  (bind ?req+filename (str-cat "req-tags." ?project+name ".clp"))
  (bind ?load+status+req FALSE)

```

```

  (if (bind ?load+status+user (load-facts ?user+filename)) then
    (printout t crlf "OK, file loaded: " ?user+filename crlf)
  else
    (printout t crlf "ERROR loading file: " ?user+filename crlf)
  )

```

```

  (if (bind ?load+status+req (load-facts ?req+filename)) then
    (printout t crlf "OK, file loaded: " ?req+filename crlf)
  else
    (printout t crlf "ERROR loading file: " ?req+filename crlf)
  )

```

```

)

(if (and ?load+status+user ?load+status+req) then
  (assert (hci+engineering+task (name ?project+name) (target+user
User)))

  (assert (project+tags))
  ;(assert (workflow (action new+website)))
  ;(halt)
else
  (printout t crlf "PROGRAM TERMINATED: error loading input
file(s) for project " ?project+name crlf)
  (halt)
)
)

```

(deffunction add-tags (?project+tags \$?add+tags) ; this function adds tags to  
multifield slot tag in project+tag

(if (fact-slot-value ?project+tags tag) then ; only if the passed ?pro-  
ject+tags fact address is correct

```

  ;(printout t crlf "project tags fact input:" ?project+tags crlf)
  (bind $?old+tags (fact-slot-value ?project+tags tag))
  (bind $?new+tags (create$))
  ;(printout t crlf "old tags:" $?old+tags crlf)
  ;(printout t crlf "add tags:" $?add+tags crlf)
  (loop-for-count (?num 1 (length$ $?add+tags)) do ; only adding
tags that are not already there
    (bind ?current+tag (nth$ ?num $?add+tags))
    (if (member$ ?current+tag $?old+tags) then else

```

```

        (bind $?new+tags (insert$ $?new+tags (+ (length$
$?new+tags) 1) ?current+tag))
    )
)
;(printout t crlf "new tags:" $?new+tags crlf)
(if (eq (length$ $?new+tags) 0) then ; we don't want to modify if
there are not new tags, or the system will loop endlessly
    else (modify ?project+tags (tag (insert$ $?old+tags (+
(length$ $?old+tags) 1) $?new+tags)))
    ;(printout t crlf "modified:" (fact-slot-value ?project+tags
tag) crlf)
)
)
)
)
)

```

```

(deffunction generate-nodes ($?content)
    ; заголовок страницы с логотипом, главной навигацией и контакт-
ной информацией
    (if (member$ page+header $?content) then
        (assert (web+page+node (name page+header) (parent+node nil)
(web+page+element Page+header) (node+order 1)))
        (assert (web+page+node (name website+logo) (parent+node
page+header) (web+page+element Logo) (node+order 1)))
        (assert (web+page+node (name main+navigation) (parent+node
page+header) (web+page+element Main+navigation) (node+order 2)))
        (if (member$ Contacts $?content) then
            (assert (web+page+node (name contacts+in+header) (par-
ent+node page+header) (web+page+element Contact+information+box) (node+order
3)))

```

```
)
)
```

; в левой колонке - вторичная навигация

```
(if (member$ side+column+left $?content) then
  (assert (web+page+node (name side+column+left) (parent+node
nil) (web+page+element Left+side+column) (node+order 1)))

  (assert (web+page+node (name secondary+navigation) (parent+node
side+column+left) (web+page+element Secondary+navigation)
(node+order 2)))
)
```

; right side column may contain shopping cart

```
(if (member$ side+column+right $?content) then
  (assert (web+page+node (name side+column+right) (parent+node
nil) (web+page+element Right+side+column) (node+order 1)))
```

; if there's shopping cart

```
(assert (web+page+node (name shopping+cart+box) (parent+node
nil) (web+page+element Shopping+cart+box) (node+order 2)))
)
```

; в Main text area - заголовок и главный текст

```
(if (member$ main+text+area $?content) then
  (assert (web+page+node (name main+text+area) (parent+node nil)
(web+page+element Main+text) (node+order 3)))

  (assert (web+page+node (name main+text) (parent+node
main+text+area) (web+page+element Text) (node+order 2)))
```

```

(assert (web+page+node (name page+heading) (parent+node
main+text+area) (web+page+element Heading) (node+order 1)))
)

```

; в подвале помещаем контактную информацию и рекламу

```

(if (member$ page+footer $?content) then
  (assert (web+page+node (name page+footer) (parent+node nil)
(web+page+element Footer) (node+order 4)))
  (if (member$ Contacts $?content) then
    (assert (web+page+node (name contacts+in+footer) (parent+node
page+footer) (web+page+element Contact+information+box) (node+order
1)))
  )
  (if (member$ Advertisement $?content) then
    (assert (web+page+node (name advertisement+area) (parent+node
page+footer) (web+page+element Advertisement+box) (node+order 2)))
  )
)
)
)

```

```

(deffunction generate-style-sheet ()
  ; default styles for the whole interface (web+interface+design)
  (assert (css+rule (name body+styles) (css+selector Web+page+body)
(css+declaration body+margin body+bg+color)))
  (assert (css+declaration (name body+margin) (css+property Mar-
gin%2Fpadding) (css+property+value "10px 0")))
  (assert (css+declaration (name body+bg+color) (css+property Back-
ground+style) (css+property+value "#FFFFFF")))
)

```

```

; default styles for page headings
(assert (css+rule (name heading+styles) (css+selector Heading)
(css+declaration heading+size heading+margin)))
(assert (css+declaration (name heading+size) (css+property Size)
(css+property+value "150%")))
(assert (css+declaration (name heading+margin) (css+property Mar-
gin%2Fpadding) (css+property+value "5px")))

```

```

; default styles for links
(assert (css+rule (name links+styles) (css+selector Hyperlink)
(css+declaration links+underline)))
(assert (css+declaration (name links+underline) (css+property
Text+decoration) (css+property+value "underline")))

```

```

; default styles for text
(assert (css+rule (name main+text+styles) (css+selector Main+text)
(css+declaration main+text+size main+text+font main+text+line)))
(assert (css+declaration (name main+text+size) (css+property Size)
(css+property+value "120%")))
(assert (css+declaration (name main+text+font) (css+property
Font+family) (css+property+value "sans-serif")))
(assert (css+declaration (name main+text+line) (css+property
Line+height) (css+property+value "110%")))
)

```

```

(deffunction save-results ()
  (printout t crlf "DATA SAVED to data.clp and instances.clp" crlf)
  (save-facts "data.clp")
  (save-instances "instances.clp")
)

```

)

; CLASS HANDLERS

(defmessage-handler Guideline print-tag ()

(printout t ?self:tag crlf)

)

(defmessage-handler Guideline output-guidelines (?tag) ; TODO: multislot  
\$?tag

; (printout t ?self:tag)

; (printout t \$?tag)

(if (eq ?tag "\*") then (printout t ?self crlf) else

(if (eq ?self:tag ?tag) then

(printout t ?self crlf)

)

)

)

(defmessage-handler Guideline select-guidelines (?tag)

(if (member\$ ?tag ?self:tag) then

; we have IDs, so now we don't need to copy text

(assert (guideline (name ?self) (tag ?self:tag) (efficiency  
?self:efficiency))))

; (assert (guideline (name ?self) (tag ?self:tag) (text+english  
?self:text+%28english%29) (text+russian ?self:text+%28russian%29) (reliability  
?self:efficiency))))

)

)

## **Приложение 5**

### **Применение ИС при разработке веб-приложения для НФ НГТУ**



### **П.5.1 Описание проекта, целевые пользователи и требования**

На предварительном этапе проекта, в ходе обсуждения с заказчиком (администрацией НФ НГТУ), были зафиксированы следующие цели (высокоуровневые требования) для веб-приложения:

- 1) Общее представительство НФ в сети Интернет.
- 2) Информирование потенциальных абитуриентов факультета о предоставляемых образовательных услугах.
- 3) Поддержка образовательного процесса, идущего на факультете.
- 4) Поддержание связей факультета с выпускниками и выпускников между собой.
- 5) Предоставление информации о полезных и «дружественных» для пожилых людей веб-сайтах.
- 6) Отражение научной работы, проводимой на Факультете.

Предварительный анализ требований показал, что основными целевыми пользователями веб-приложения будут являться пожилые люди – абитуриенты или выпускники факультета. Данные об обучавшихся на факультете в прошлом позволили установить характеристики данной категории пользователей более подробно: женский пол (более 80% обучавшихся), пенсионный возраст (55 лет и более для женщин), высшее образование (более 80% обучавшихся), низкий уровень опыта в использовании ИТ. Было отмечено, что уровень опыта в использовании ИТ естественным образом различается у абитуриентов и у выпускников факультета (прошедших обучение «компьютерной грамотности»), однако в основном по-прежнему остаётся низким относительно уровня опыта обычных интернет-пользователей – исходя из этого, было решено не производить разделения целевых пользователей сайта на две категории. Уровень опыта в предметной области (образование) был определён как средний.

Заказчиком (администрацией НФ НГТУ) был выдвинут ряд дополнительных требований, касающихся архитектуры, интерфейса и содержания веб-приложения:

1. Для лучшего учета особенностей пользователей, а также для поддержки научной деятельности факультета, дизайн, информационная архитектура и содержание веб-приложения должны базироваться на научно обоснованных рекомендациях разработки интерфейсов для пожилых людей.

2. Дизайн веб-приложения для НФ НГТУ должен использовать фирменные цвета, схожие с используемыми на существующем официальном веб-сайте Ассоциации выпускников НЭТИ/НГТУ (<http://assoc.nstu.ru>).

3. В веб-интерфейсе приложения должны максимально использоваться знакомые (по интерфейсу ОС Windows) для пожилых пользователей элементы: например, «закладки» в навигации по разделам.

4. Интенсивность обновления информации в веб-приложении предполагается достаточно высокой, что ведет к необходимости использования системы управления содержимым сайта (CMS), для менее трудоемкого и более оперативного обновления.

5. Веб-приложение должно размещаться на серверных мощностях НГТУ, и в качестве системы управления содержимым использовать предоставляемый продукт 1С: Битрикс.

6. Веб-приложение должно по возможности соответствовать требованиям к оформлению информационных материалов НГТУ (<http://www.nstu.ru/treb>), однако первая версия не обязана реализовывать 100%-е соответствие, оставляя возможности для доработки в перспективе.

Итоговый перечень требований к веб-приложению (включающий также прецеденты использования), к которому после занесения в ИС был применён механизм анализа текста требований, приведён в Табл. П.5.1.

Таблица П.5.1 – Требования к веб-приложению для НФ НГТУ в ИС

| <b>N</b> | <b>Класс</b>                         | <b>Текст требования</b>                                                                                                                                            |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | <i>Functional requirement</i>        | «Общее представительство НФ в сети Интернет»                                                                                                                       |
| 2.       | <i>Functional requirement</i>        | «Информирование потенциальных абитуриентов факультета о предоставляемых образовательных услугах»                                                                   |
| 3.       | <i>Functional requirement</i>        | «Поддержание связей факультета с выпускниками и выпускников между собой»                                                                                           |
| 4.       | <i>Functional requirement</i>        | «Поддержка образовательного процесса, идущего на факультете»                                                                                                       |
| 5.       | <i>Functional requirement</i>        | «Предоставление информации о полезных и «дружественных» для пожилых людей веб-сайтах»                                                                              |
| 6.       | <i>Functional requirement</i>        | «Отражение научной работы, проводимой на Факультете»                                                                                                               |
| 7.       | <i>Non-functional requirement</i>    | «Веб-приложение должно по возможности соответствовать требованиям к оформлению информационных материалов НГТУ»                                                     |
| 8.       | <i>Non-functional requirement</i>    | «Дизайн, информационная архитектура и содержание веб-приложения должны базироваться на научно обоснованных рекомендациях разработки интерфейсов для пожилых людей» |
| 9.       | <i>Non-functional requirement</i>    | «Использование системы управления содержимым (CMS) сайта – 1С:Битрикс»                                                                                             |
| 10.      | <i>Accessibility requirement</i>     | «В веб-интерфейсе приложения должны максимально использоваться знакомые для пожилых пользователей элементы»                                                        |
| 11.      | <i>Design requirement</i>            | «Дизайн веб-приложения должен использовать фирменные цвета, схожие с Ассоциацией выпускников НЭТИ/НГТУ»                                                            |
| 12.      | <i>Interface quality requirement</i> | «Процент успешного выполнения задач должен составлять не менее 60%»                                                                                                |
| 13.      | <i>Use case</i>                      | «Поиск информации, связанной с обучением»                                                                                                                          |
| 14.      | <i>Use case</i>                      | «Поиск информации, связанной сообществом выпускников НФ»                                                                                                           |
| 15.      | <i>Use case</i>                      | «Регистрация на сайте с указанием своих контактных и прочих данных»                                                                                                |
| 16.      | <i>Use case</i>                      | «Использование веб-форума сайта для общения в рамках сообщества»                                                                                                   |

Результат анализа текста требований (файл *nf.user.clp*):

*(requirement+tag (tag It+experience) (occurrence 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5))*

*(requirement+tag (tag Website+experience) (occurrence 0.5 0.5))*

*(requirement+tag (tag Website+element) (occurrence 0.5 0.5 0.5))*

*(requirement+tag (tag Website+service+section) (occurrence 0.5 0.5 0.5))*

*(requirement+tag (tag Contacts) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Services) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Web+page+element) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Functional+requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Non-functional+requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Interface+quality+requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Target+emotion+requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Accessibility+requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Design+requirement) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Color) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Interface+design+property) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Content+design+property) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Guideline) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Interface+element) (occurrence 0.5 0.5))*

*(requirement+tag (tag Web+form+element) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Website) (occurrence 0.5 0.5))*

*(requirement+tag (tag Interface+design) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Web+interface+design) (occurrence 0.5 0.5 0.5 0.5*

*0.5))*

*(requirement+tag (tag Interface+quality+metric) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Forum) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag CMS+back-office) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag User+registration) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Elder+user) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Search) (occurrence 0.5))*

*(requirement+tag (tag Success+rate) (occurrence 0.5))*

### **П.5.2 Файл проекта (на языке CLIPS)**

На основе приведённых выше входных данных, ядром ИС был сформирован следующий файл проекта (факты requirement+tag не приводятся):

*(initial-fact)*

*(project+name (name "nf"))*

*(website+type (name type+of+site) (type educational))*

*(user+attributes (name set+user+attributes) (age+from 55) (age+to 80) (experience set+user+exp) (gender female) (nationality Russian) (education+level college) (thesaurus+level advanced))*

*(use+context (name set+use+context) (access+point home) (web+browser IE) (screen+resolution+width 1024) (screen+resolution+height 768))*

*(user+experience (name set+user+exp) (IT+experience+level novice) (domain+experience+level advanced))*

*(func+requirement (name website+purpose) (value presentation+website))*

*(hci+engineering+task (name "nf") (target+user User) (requirements (web+interface+design "Interface for project: nf")))*

*(website (name "Website name: nf") (website+type type+of+site) (website+content Homepage News+%2F+events About+us Contacts Help Sitemap Search CMS+%2F+back-office Departments+%2F+facilities Faculty+%2F+staff Alumni+%2F+employment Majors+%2F+programs Admission Curriculum Tutorials))*

*(target+user (name User) (user+type elder+user) (user+attributes set+user+attributes) (use+context set+use+context))*

*(web+page (name "Web page template for project: nf") (web+page+content page+header side+column+left main+text+area page+footer))*

```

(web+page+node (name page+header) (parent+node nil)
(web+page+element Page+header) (node+order 1))
(web+page+node (name website+logo) (parent+node page+header)
(web+page+element Logo) (node+order 1))
(web+page+node (name main+navigation) (parent+node page+header)
(web+page+element Main+navigation) (node+order 2))
(web+page+node (name contacts+in+header) (parent+node page+header)
(web+page+element Contact+information+box) (node+order 3))
(web+page+node (name side+column+left) (parent+node nil)
(web+page+element Left+side+column) (node+order 1))
(web+page+node (name secondary+navigation) (parent+node
side+column+left) (web+page+element Secondary+navigation) (node+order 2))
(web+page+node (name main+text+area) (parent+node nil)
(web+page+element Main+text) (node+order 3))
(web+page+node (name main+text) (parent+node main+text+area)
(web+page+element Text) (node+order 2))
(web+page+node (name page+heading) (parent+node main+text+area)
(web+page+element Heading) (node+order 1))
(web+page+node (name page+footer) (parent+node nil) (web+page+element
Footer) (node+order 4))
(web+page+node (name contacts+in+footer) (parent+node page+footer)
(web+page+element Contact+information+box) (node+order 1))
(web+interface+design (name "Interface for project: nf") (style+sheet
style+sheet body+styles heading+styles links+styles main+text+styles)
(web+page+template "Web page template for project: nf"))
(css+rule (name body+styles) (css+selector Web+page+body)
(css+declaration body+margin body+bg+color))
(css+declaration (name body+margin) (css+property Margin%2Fpadding)
(css+property+value "10px 0"))

```

(css+declaration (name body+bg+color) (css+property Background+style)  
(css+property+value "#FFFFFF"))

(css+rule (name heading+styles) (css+selector Heading) (css+declaration  
heading+size heading+margin))

(css+declaration (name heading+size) (css+property Size)  
(css+property+value "150%"))

(css+declaration (name heading+margin) (css+property Margin%2Fpadding)  
(css+property+value "5px"))

(css+rule (name links+styles) (css+selector Hyperlink) (css+declaration  
links+underline))

(css+declaration (name links+underline) (css+property Text+decoration)  
(css+property+value "underline"))

(css+rule (name main+text+styles) (css+selector Main+text) (css+declaration  
main+text+size main+text+font main+text+line))

(css+declaration (name main+text+size) (css+property Size)  
(css+property+value "120%"))

(css+declaration (name main+text+font) (css+property Font+family)  
(css+property+value "sans-serif"))

(css+declaration (name main+text+line) (css+property Line+height)  
(css+property+value "110%"))

(project+tags (tag Website Web+page Website+element Web-  
site+service+%28section%29 Target+user Target+emotion+requirement  
Elder+user Accessibility+requirement Error+rate Size Color Aesthetic+impression  
Trust+impression It+experience Website+experience Contacts Services  
Web+page+element Requirement Functional+requirement Non-  
functional+requirement Interface+quality+requirement Design+requirement Inter-  
face+design+property Content+design+property Guideline Interface+element  
Web+form+element Interface+design Web+interface+design Inter-  
face+quality+metric Forum CMS+%2F+back-office User+registration Search Suc-

*cess+rate Homepage News+%2F+events About+us Help Sitemap Departments+%2F+facilities Faculty+%2F+staff Alumni+%2F+employment Majors+%2F+programs Admission Curriculum Tutorials))*

*(guideline (name [Guideline1]) (tag Font+style Size Text Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline2]) (tag Font+style Size Hyperlink Layout Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline3]) (tag Menu Navigation Web+form+element Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline4]) (tag Color Hyperlink Navigation Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline5]) (tag Hyperlink Color Header Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline6]) (tag User+thesaurus Text Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline7]) (tag Color Hyperlink Navigation Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline8]) (tag Hyperlink Layout Interface+element Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline9]) (tag Advertisement Interface+element Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline10]) (tag Window Layout Scrollbar Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline11]) (tag Search Layout Scrollbar Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline12]) (tag Subjective+satisfaction Aesthetic+impression Trust+impression Design+solution Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline13]) (tag Subjective+satisfaction Target+emotion+requirement Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline14]) (tag Imagery Media+object Interface+element Accessibility+requirement Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline15]) (tag Size Interface+element Error+rate Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline16]) (tag Web+page Layout Scrollbar Elder+user))*



*(guideline (name [Guideline17]) (tag Web+form Web+form+element Error+rate Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline18]) (tag Web form Performance+time Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline19]) (tag Help User+experience Elder+user))*

*(guideline (name [Guideline20]) (tag Web form element Navigation Media+object Accessibility+requirement Elder+user))*

### П.5.3 Проект веб-приложения для НФ НГТУ

Итоговый перечень сервисов (разделов) веб-приложения, определенный проектировщиком и утвержденный заказчиком, практически не претерпел изменений относительно набора, предложенного ИС исходя из типа и целевого назначения веб-приложения (см. Табл. П.5.2).

Таблица П.5.2 – Итоговый перечень сервисов (разделов) веб-приложения для НФ НГТУ

| Сервис (раздел) на веб-сайте НФ НГТУ | Соответствие в ИС                                     | Примечание                                                                             |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| «Главная страница»                   | Homepage;<br>About us;<br>Departments<br>/ facilities | Разделы объединены, т.к. главная страница должна содержать наиболее важную информацию. |
| «Обучение и поступление»             | Admission                                             | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                        |
| «Расписание курсов»                  | Majors /<br>programs;<br>Curriculum                   | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                        |
| «Преподаватели и сотрудники»         | Faculty /<br>staff                                    | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                        |
| «Учебные материалы»                  | Tutorials                                             | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                        |
| «Контакты»                           | Contacts                                              | В соответствии с типом веб-приложения.                                                 |

| <b>Сервис (раздел) на веб-сайте НФ НГТУ</b> | <b>Соответствие в ИС</b>                  | <b>Примечание</b>                                                                                                |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Новости»                                   | News / events                             | В соответствии с типом веб-приложения.                                                                           |
| «Выпускники» (по годам выпуска)             | Alumni / employment;<br>User registration | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                                                  |
| «Общение»                                   | Forum                                     | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                                                  |
| «Полезные сайты»                            | Projects / research                       | В соответствии с функциональными требованиями к веб-приложению.                                                  |
| Помощь по сайту (карта сайта)               | Help;<br>Sitemap                          | Данные два сервиса объединены в один (т.к. целевые пользователи могут быть не знакомы с термином «карта сайта»). |
| Поиск по сайту                              | Search                                    | В соответствии с типом веб-приложения.                                                                           |

## Приложение 6

**Свидетельство о государственной регистрации  
программы для ЭВМ и акты об использовании  
результатов диссертации**