

*На правах рукописи*

**Гаврилов Сергей Игоревич**

**МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И  
ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
(в информационных системах)

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

Автор:



Москва - 2011

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ»

**Научный руководитель** д.т.н., профессор  
Гусева Анна Ивановна

**Официальные оппоненты** д.т.н., профессор  
Григорьев Сергей Георгиевич,  
  
к.т.н.  
Шапкин Александр Владимирович,

**Ведущая организация** ФГУП «Ситуационно-Кризисный Центр  
Федерального агентства по атомной  
энергии»

Защита диссертации состоится «   » \_\_\_\_\_ 2011 года в    на  
заседании диссертационного совета Д 212.130.03 при Национальном ис-  
следовательском ядерном университете «МИФИ» по адресу: 115409, г.  
Москва, Каширское шоссе, д.31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИЯУ МИФИ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба  
направлять по адресу: 115409, Москва, Каширское шоссе, 31, диссертаци-  
онные советы НИЯУ МИФИ (тел. +7(495)323-95-26)

Автореферат разослан «   » \_\_\_\_\_ 2011 года.

**Ученый секретарь дис-  
сертационного совета**  
д.т.н., доцент



Леонова Н.М.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы**

Переход к информационному обществу в мире характеризуется значимостью интеллектуального труда, ориентированного на использование мировых информационных ресурсов, и острой потребностью в коммуникациях между профессиональными сообществами, общественными организациями, государствами и т.д. Роль информационных и коммуникационных технологий в развитии общества фактически привела к образованию нового технологического уклада. В результате общество приступило к созданию единого мирового информационного пространства, или, мировых информационных ресурсов.

Информационные ресурсы - вся накопленная информация об окружающей нас действительности, зафиксированная на материальных носителях или в любой иной форме, обеспечивающей передачу информации во времени и пространстве между различными потребителями для решения различных задач (научных, образовательных, производственных, управленческих и других). Существуют различные виды классификации информационных ресурсов: по виду деятельности или тематике, для которой они предназначены; по форме представления информации; по способу ограничения доступа или защите и т.д.

В соответствии с целевым назначением будем выделять информационно-образовательные ресурсы как информационные ресурсы, представленные в электронной форме, основной целью которых является обучение, а не просто хранение в них информация (контент). Исходя из вышесказанного, следует, что информационно-образовательный ресурс должен обладать рядом свойств, для пригодности к использованию в обучении: научность; объективность; полнота; достоверность; адекватность; доступность; актуальность.

С другой стороны, ИОР – это программная система, которая представляет собой продукт, качество которого может быть определено согласно соответствующим международным стандартам ИСО 9000, 9001, 9002 и 9003 (редакция 2000 года), которые содержат универсальные требования к системе качества и определяют различные модели его обеспечения на разных этапах жизненного цикла.

Предложенные в работе алгоритмы и модели при оценке качества ИОР позволяют учесть обе их сущности - информационную и специализированную по области применения. Так же при оценке качества ИОР применяется методологии ITIL/ITSM и SCORM. Это позволяет считать тему актуальной.

Объектом исследования диссертационной работы являются информационно-образовательные ресурсы.

Предметом исследования диссертационной работы являются модели и методы оценки ИОР на различных стадиях жизненного цикла.

Большой вклад в разработку вопросов оценки эффективности электронного обучения и качества информационно-образовательных ресурсов внесли работы отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области управления электронными образовательными ресурсами, оценки эффективности и качества обучения: С.Г. Григорьева, М.В. Булгакова, Е.Г. Гридиной, А.Д. Иванникова, В.А. Старых, А.Н. Тихонова, В.В. Липаева, А.И. Гусевой, А.И. Башмакова, Галкиной А.И., Соловова А.В., К.Г. Скрипкина, Т.Саати и других. В исследовании использовались материалы, включенные в международные, государственные и отраслевые стандарты.

### **Цели и задачи исследования**

Целью диссертационного исследования является разработка моделей, методов и программных средств для оценки информационно-образовательных ресурсов на базе методологии ITIL/ITSM для улучшения эффективности управления информационно-образовательными ресурсами и повышения их уровня качества.

Достижение поставленной цели исследования определяет необходимость решения следующих **задач**:

1. Исследовать современные методы и средства оценки качества информационных систем, позволяющие определить специфику информационно-образовательных ресурсов, провести анализ существующих методов оценки;
2. Разработать модель управления качеством ИОР в рамках спиральной модели жизненного цикла по методологии SCORM;
3. Разработать комплексную иерархическую многоуровневую систему оценки качества информационно-образовательных ресурсов, учитывающую как информационные свойства, так и целевое назначение ресурсов;
4. Осуществить математическое и алгоритмическое обоснование решения задачи управления качеством информационно-образовательных ресурсов;
5. Разработать информационную систему для оценки качества информационно-образовательных ресурсов;
6. Экспериментально проверить разработанные модели, методы и программные средства на процессах проектирования и разработки ИОР.

### **Методы исследования**

Для решения поставленных в диссертационной работе задач использовались метод семантического эквивалентирования из общей теории систем, метод анализа иерархий Т. Саати, метод аналитических сетей, метод

смещенного идеала. При разработке программного обеспечения использовались методы объектно-ориентированного программирования.

### **Достоверность работы**

Научные положения и выводы, полученные в диссертационной работе, являются достоверными и обоснованными, что подтверждается проведенными в работе экспериментальными и теоретическими исследованиями, сравнительным анализом результатов с общеизвестными исследованиями, сравнительным анализом полученных результатов с другими моделями оценки качества, соответствующими актами о внедрении, представлением основных результатов диссертации на международных конференциях и выставках.

**Научная новизна.** Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Систематизированы наборы функциональных требований уровней специализированного качества ИОР; с помощью агрегирования методологии ITIL/ITSM по описанию ИОР через набор информационных сервисов информационных ресурсов и методологии SCORM, с помощью которой данные информационные ресурсы разработаны, выделены наборы общих и специализированных свойств исследуемых объектов, что позволило интегрировать две сущности ИОР - информационную и специализированную по области применения;

2. Разработана модель управления качеством ИОР в рамках спиралевидной модели жизненного цикла по методологии SCORM для повышения их качества, а так же комплексная модель оценки качества ИОР, позволяющая оценивать ресурсы различного уровня, сложности и предназначения;

3. Адаптирован метод анализа иерархических сетей и разработаны алгоритмы для решения задачи управления качеством следующих информационно-образовательных ресурсов: информационно-образовательных порталов, программных тренажеров и ИОР как объектами инновационной инфраструктуры;

4. Разработано программное приложение на базе предложенных моделей, позволяющее оценивать качество ИОР на всех этапах спиралевидного жизненного цикла;

5. Проведена комплексная оценка ИОР как объектов инновационной инфраструктуры в рамках реализации программы «Формирование в НИ-ЯУ МИФИ инновационной среды, обеспечивающей коммерциализацию результатов НИОКР во взаимодействии с промышленными предприятиями в рамках перехода на новые технологические платформы».

**Практическая значимость результатов диссертации.** Практическая значимость заключается в разработанной и внедренной модели управле-

ния качеством ИОР в рамках спиралевидной модели жизненного цикла по методологии SCORM, а так же программном средстве, позволяющем оценивать качество ИОР различного уровня. Данные результаты диссертационной работы позволяют вовлечь в процесс управления качеством ИОР всех участников образовательного процесса.

Разработано и внедрено программное средство для оценки ИОР различной сложности и назначения в рамках предложенной классификации – Программа для ЭВМ «Система оценки информационно-образовательных ресурсов» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 20100616101 от 16.09.2010).

Разработанная модель и программные средства были использованы:

1. При проектировании и разработке 12 электронных обучающих курсов и 3 программных тренажеров в рамках выполнения работ по проекту АВИЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)». Использование полученных научных и практических результатов позволило значительно снизить сроки разработки указанных ИОР и гарантировать требуемое качество, что подтверждено соответствующим актом о внедрении. Все указанные информационно-образовательные ресурсы в настоящее время внедрены в учебный процесс НИЯУ МИФИ, по ним прошли обучение более 2000 учащихся и слушателей.

2. При проектировании системы поддержки научно-исследовательской деятельности в рамках работ по проекту ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009-2013 гг.)», что подтверждено соответствующим актом об использовании. В настоящее время система поддержки научно-исследовательской деятельности готовится к вводу в опытную эксплуатацию.

3. При проектировании электронных обучающих курсов «Дискретная математика» и «Информатика» в рамках Программы создания и развития НИЯУ МИФИ (2010 г.), предназначенных для электронного и дистанционного обучения на основе унифицированных информационных ресурсов в рамках единого образовательного пространства НИЯУ МИФИ.

4. При комплексной оценке учебно-методологического и научно-методического обеспечения в рамках реализации программы «Формирование в НИЯУ МИФИ инновационной среды, обеспечивающей коммерциализацию результатов НИОКР во взаимодействии с промышленными предприятиями в рамках перехода на новые технологические платформы». Рассмотренные ИОР предназначены для развития инновационной инфраструктуры образовательных учреждений.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Комплексная модель оценки качества ИОР, интегрирующая две их сущности - информационную и специализированную по области при-

менения, которая позволяет оценивать ИОР различного уровня сложности и предназначения в рамках предложенной классификации.

2. Результаты адаптации метода анализа иерархических сетей, математическое и алгоритмическое обеспечение решения задачи управления качеством информационно-образовательных ресурсов в рамках спиралевидной модели жизненного цикла по методологии SCORM.

3. Программное приложение на базе предложенных моделей, позволяющее оценивать качество ИОР на всех этапах жизненного цикла.

4. Содержательные результаты управления качеством ИОР, полученные в ходе использования программного приложения при проектировании и разработке целого ряда электронных обучающих курсов и программных тренажеров, системы поддержки научно-исследовательской деятельности, а так же комплексной оценке учебно-методологического и научно-методического обеспечения в рамках выполнения работ по проектам федеральных и ведомственных целевых программ.

#### **Апробация и внедрение результатов исследования.**

Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и семинарах, в том числе:

- Научные сессии МИФИ 2007-2011 гг.;
- XVII-XIX Международные научно-технические семинары «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации» (г. Алушта, 2008-2010 гг.);
- Международные конференции-выставки «Информационные технологии в образовании» 2009-2010 гг.

Разработанное программное приложение для оценки качества ИОР и программные тренажеры экспонировались на XIII выставке научно-технических работ "НАУКА И ИННОВАЦИИ НИЯУ МИФИ" (2011 г.).

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 15 работ, 3 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований и 2 являются работами, приравненными к публикациям.

**Структура работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 138 страниц. Диссертация содержит 2 приложения, 10 таблиц и 45 рисунков. Список использованной литературы состоит из 81 наименования.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, определены цель, задачи, предмет, объект исследования, раскрыта его теоретическая и информационная база, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

**В первой главе** анализируется современное состояние дел в отрасли электронных ИОР, существующие стандарты их создания.

Определение понятия "информационные ресурсы" было сформулировано в Федеральном законе "Об информации, информатизации и защите информации". "Информационные ресурсы – отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других информационных системах)".

Под ИОР будем понимать информационный ресурс, используемый для целей обучения. Обозначив информационный ресурс, как образовательный необходимо соответственно выделить ряд присущих ему свойств: объективность; полнота, качество и достаточность для реализации учебной дисциплины; достоверность; адекватность; доступность; актуальность.

Для информационных обучающих ресурсов предлагается выделить шесть уровней специализированного качества, отражающих функциональность ИОР. Эти уровни обеспечивают возрастающую шкалу, которая позволяет соотнести получаемый уровень системности со стоимостью конкретной разработки и возможностью достижения ожидаемого качества:

- опубликованный электронный документ — информационный ресурс, используемый в учебном процессе, без привязки к технологиям обучения, как то объявление, конспект лекций, база данных с учебно-методическим наполнением и т.д. (УСК 0);

- программная оболочка с соответствующим педагогическим наполнением, которая используется для самообразования на локальном компьютере (УСК 1);

- образовательный портал, содержащий набор единообразных образовательных элементов, распределенных по сети, и поддерживающий унифицированную систему доступа к ресурсам (УСК 2);

- образовательный портал, включающий в себя систему организации и поддержки обучения (УСК 3);

- система управления обучением (LMS), поддерживающая адаптируемые модели обучаемого, инструктора, модуля оценок и образовательных ресурсов (УСК 4);

- интеллектуальные многоагентные обучающие системы (УСК 5).

Отличительной особенностью данной классификации является применение факторов узкоспециализированного качества. Факторы строятся на основе методологии ITIL/ITSM, определяя каждый уровень специализированного качества как соответствующий набор сервисов, предоставляемых ИОР различным группам пользователей. Набор сервисов для каждой группы пользователей индивидуален, но в то же время сервисы в данных наборах могут повторяться. Выбранный подход позволяет подойти к вопросу оценки качества ИОР как к совокупности оценок качества ИОР с точки зрения каждой группы пользователей и соответствующих им наборов сервисов.

Проектирование ИОР в формате SCORM дает возможность впервые реализовать спиралевидный жизненный цикл образовательного ресурса, когда не только контент, но и сам информационный ресурс, представленный SCO (Sharable Content Objects), представляет собой объект, который многократно используется для обновления, дополнения и улучшения обучающего ресурса. Эти достоинства SCORM, используемые при создании, так же учитываются в системе показателей качества.

В условиях спиральной модели жизненного цикла необходимо осуществлять мониторинг качества и эффективности программного средства непрерывно. В связи с этим, первоочередной задачей является создание комплексной системы оценки качества и модели управления качеством ИОР в рамках данного вида жизненного цикла. Агрегирование свойств методологий ITIL/ITSM и SCORM позволяет на каждом его этапе оценить качество ИОР и сформулировать рекомендации по его повышению, учитывая интересы каждой группы пользователей ИОР.

Анализ существующих средств оценки качества ИОР, таких как: Оценка электронных ресурсов науки и образования (ОФЭРНиО), Система оценки качества программных комплексов для дистанционного обучения (МИЭМ) и других показал, что ни одна из них не рассматривает качество ИОР с применением совокупности методологий, рассматриваемых в данной работе.

Используя принцип семантического эквивалентирования, жизненный цикл ИОР можно описать как

$$\Xi = \langle \Psi_0, \Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, P_0(\Psi_i, \Psi_j) \rangle, \text{ где}$$

$\Psi_0, \Psi_1, \Psi_2, \Psi_3$  – модели этапов жизненного цикла, а  $P_0(\Psi_i, \Psi_j)$  – предикат функциональной целостности, отражающий правомерность перехода между ними. На каждом этапе жизненного цикла модель  $\Psi_i = \langle M_i, S_i \rangle$  распределенной обучающей системы отражает необходимость нашего представление о ней. Использование методологии управления качеством

ИОР приводит к необходимости эквивалентировать систему  $\Xi$  новой системой  $\Xi'$ ,

$$\Xi' = \left\langle \Psi'_0, \Psi'_1, \Psi'_2, \Psi'_3, P'_0(\Psi'_i, \Psi'_j) \right\rangle,$$

$$\text{где } \Psi'_i = F(\Psi_i)$$

Носитель  $M_i$  расширяется за счет включения множества показателей качества  $k$  и множества контрольных точек  $z$ , а сигнатура  $S_i$  изменяется за счет добавления:

- предиката  $P_1$ , отражающего соответствие между показателями качества  $k_i$  и контрольными точками  $z_j$ , в которых они измеряются;

- предиката  $P_2$ , который определяет, удовлетворяют ли значения показателей качества требуемому значению в данной контрольной точке или нет;

- множества функций  $F$  для измерения нужных показателей качества в нужных точках,

- множества функциональных отношений  $R$ , отражающего переход к следующей контрольной точке и множество корректирующих и идентифицирующих нотаций  $N$ .

Таким образом, применение модели управления качеством ИОР в рамках спиралевидного жизненного цикла по методологии SCORM приводит к эквивалентированию системы  $\Xi$  новой системой  $\Xi'$ , отражающей показатели качества ИОР на его следующем этапе.

**Во второй главе**, с учётом результатов анализа предметной области, произведено моделирование жизненного цикла ИОР и процесса оценки качества ИОР, как его составляющей.

Для разработки модели управления качеством ИОР в рамках спиралевидного жизненного цикла по методологии SCORM выполнены:

- моделирование процессов управления качеством ИОР;

- применение метода анализа иерархий как наиболее гибкий и удобный механизм сопоставления показателей качества ИОР;

- обобщение метода аналитических сетей для учета зависимости между показателями качества;

- определение набора показателей качества ИОР различных уровней.

*Модель процесса управления качеством ИОР* представляет собой детализацию особенностей спиралевидного жизненного цикла ИОР, описывает процесс обеспечения качества, как без применения разработанных средств, так и с их помощью. Модель разработана с использованием про-

граммного комплекса Enterprise Architect и используется как эффективный инструмент визуализации разрабатываемой технологии.

*Метод анализа иерархий* может применяться в тех случаях, когда эксперты не могут дать абсолютные оценки альтернатив по критериям, а пользуются более слабыми сравнительными измерениями. Метод позволяет получить приоритеты в шкале отношений.

К недостаткам метода можно отнести возможность ошибочного введение новой, недоминирующей альтернативы, которая может в общем случае привести к изменению предпочтений между двумя ранее заданными альтернативами. Тем не менее, данный метод подходит для получения искомых оценок качества анализируемого ИОР.

Особенность метода заключается в том, что анализ иерархий ориентируется на суждения экспертов с возможностью их проверки на непротиворечивость при высокой строгости дальнейшей математической обработки, базирующейся на методе собственного значения и принципе иерархической композиции. Сущность метода состоит в декомпозиции показателей качества ИОР на все более простые составляющие части и дальнейшая обработка последовательности суждений, сравнивая пары альтернатив.

Показатели для оценки качества ИОР составим, опираясь главным образом на данные стандарта ISO 9126 «Качество программных средств». Логика стандарта предполагает деление показателей качества программного средства (далее - ПС) на две категории.

Первая категория, основанные показатели, – функциональные, определяются в зависимости от типа разрабатываемого ПС, его назначения, целевой группы и т.д. - показатели, характеризующие УСК.

Ко второй категории показателей относятся общие показатели оценки качества ИОР, которые в целом можно отнести к любому разрабатываемому ПС. Показатели этой категории поддерживают показатели первой, т.е. являются факторами, влияющими на улучшение общего показателя качества, но не играющими определяющей роли в оценке качества ИОР.

В результате опроса экспертов заполняется матрица  $A$ , где элемент  $a_{ij}$  ( $A_i$  важнее или равно  $A_j$ ) определяется от  $a_{ij}=1$  – свойства равны по значимости, до  $a_{ij}=9$  -  $A_i$  имеет абсолютное превосходство над  $A_j$ . Если напротив, имеется превосходство элемента  $A_j$  относительно  $A_i$ , то элемент  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .

Для каждой таблицы вычисляется вектор приоритетов одних критериев над другими: суммировать элементы каждой строки и нормализовать делением каждой суммы на сумму всех элементов; сумма полученных

результатов будет равна единице. Первый элемент результирующего вектора будет приоритетом первого объекта, второй – второго объекта и т. д.

$$\omega_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

Затем каждый вектор нормируется:

$$\omega_i^* = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

Найденный вектор приоритетов соответствует главному собственному вектору  $(\omega_i^*)$ . Значение  $\omega_i^*$  для каждого критерия соответствует искомой весовой функции  $\omega(i, j)$ , которая отражает значимость (вес) критерия в формировании фактора либо критерия более высокого уровня иерархии.

На следующем шаге находится индекс согласованности для каждой таблицы. Согласованность мнения экспертов можно оценить по величине коэффициента конкордации (далее – КК):

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}, \text{ где}$$

S - сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения, n - число экспертов, m - число объектов экспертизы.

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне  $0 < W < 1$ , причем 0 - полная несогласованность, 1 - полное единодушие. При построении иерархий, значение КК ниже 0,9 недопустимо.

Далее необходимо определить вид функции полезности. Для включения в функцию пользовательских ограничений принято решение использовать так называемые потребительские ограничения. В работе в качестве функции полезности предлагается использовать аддитивную функцию (метод смещенного идеала – один из методов решения оптимизационных задач). Данный метод является универсальным и позволяет решить широкий круг практических задач.

Выбираются допустимые решения  $O_j$  – объекты многокритериальной задачи  $O_j(\tilde{X}_1^j, \tilde{X}_2^j, \dots, \tilde{X}_n^j)$  для которых по каждому критерию удовлетворяется ограничение типа  $\tilde{X}_i^j \geq F_i$ , где

-  $i = 1, 2, \dots, l$ ; -  $F_i$  - предельно допустимые потребительские значения выбранных критериев качества.

По каждому критерию выбирается максимальное значение среди рассматриваемых, в результате чего формируется вектор, обозначающий искомый идеал:

$$I = (I_1^{\max}, I_2^{\max}, \dots, I_i^{\max}, \dots, I_n^{\max})$$

Для каждого из рассматриваемых объектов по каждому из критериев, находится отклонение от идеала. Эти отклонения являются аддитивной целевой функцией:

$$\begin{cases} F^j_{ИОР} = \sum_{i=1}^n |\tilde{X}_i - I_i| \omega_i^* \\ F^j_{ИОР} = 0, \text{ если } \forall \tilde{X}_i < I_i \end{cases}$$

Таким же образом рассчитываются пользовательские ограничения, позволяющие оценить степень соответствия ИОР ожиданиям пользователей.

После получения функция полезности для ИОР и для пользовательских ограничений, можно сделать вывод об эффективности ИОР. Чтобы ИОР считался эффективным, необходимо, чтобы  $F_{ИОР} \geq F_{ПО}$ .

При вычислении весов показателей качества необходимо учитывать возможную зависимость между схожими показателями качества в иерархии (Рис.1). Для учета данных зависимостей предлагается использовать обобщенный вариант Метода аналитических сетей (далее – МАС) - универсального инструмента измерений зависимостей в иерархии показателей.

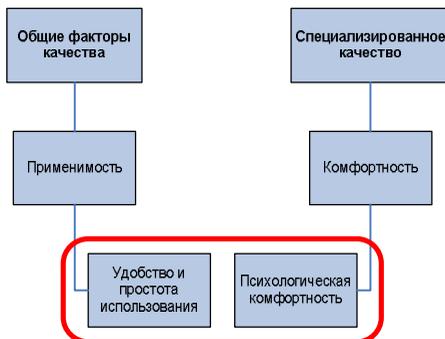


Рисунок 1. Зависимые показатели качества из разных факторов

МАС требует больших затрат труда для представления фактов и их взаимосвязей, поэтому в данной работе он используется не как основной метод, а как вспомогательный – для учета зависимости между объектами иерархии.

Суть МАС заключается в выделении зависимых (схожих) критериев, которые могут повлиять на точность конечного результата оценки (Рис. 1). Далее выделенные критерии сравниваются таким образом, чтобы оценить степень их влияния на третий элемент того же компонента относительно управляющего критерия.

Так как в работе рассматривается зависимость критериев из разных кластеров факторов – общих и факторов специализированного качества, то предлагается использовать МАС для учета зависимости между объектами иерархии. Для этого следует обобщить общие и специализированные факторы в один – Качество ИОР. Данная модификация будет являться компромиссным подходом, позволяющим получить приемлемый по точности результат при небольших затратах времени.

Для получения необходимого результата следует рассчитать вес каждого показателя в обеих иерархиях (общих показателей качества и показателей специализированного качества) по отдельности.

$$\omega_i^* = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

Значение  $\omega_i^*$  для каждого показателя соответствует искомой весовой функции  $\omega(i, j)$ , которая отражает значимость (вес) показателя в формировании фактора, либо критерия более высокого уровня иерархии. Далее необходимо объединить обе иерархии в одну – Качество ИОР. После этого расчет весов каждого показателя иерархии производится заново.

$$\omega_i^{*'} = \frac{\omega_i'}{\sum_{i=1}^n \omega_i'}$$

Значение  $\omega_i^{*'}$  для каждого показателя новой иерархии соответствует искомой весовой функции  $\omega'(i, j)$ , которая отражает значимость (вес) каждого показателя новой объединенной иерархии в формировании фактора либо критерия более высокого уровня. Значения весов показателей двух разных иерархий будут отличаться. Для того чтобы учесть данный факт, необходимо посчитать среднее значение веса каждого показателя.

$$\omega_i^{*''} = \frac{\omega_i + \omega_i'}{2}$$

Значение  $\omega_i^{*''}$  соответствует искомой весовой функции  $\omega''(i, j)$ , которая отражает значимость (вес) каждого показателя с учетом возможных

зависимостей между показателями качества. Данные значения следует использовать в дальнейших расчетах.

В третьей главе было спроектировано и разработано программное средство для оценки качества ИОР. Так же рассмотрены варианты оценки экономической эффективности от использования разработанных моделей и информационной системы.

Проектирования информационной системы было реализовано посредством UML (Рис.2).



Рисунок 2. Цели системы

Система имеет две сущности пользователей это «Администратор» и «Пользователь ИОР», который осуществляет оценку используемого им образовательного ресурса, и, соответственно, состоит из двух подсистем: «Администрирование» и «Оценка».

Типовые функциональные требования системы составляют функциональные требования для каждой из двух подсистем (Рис.3)

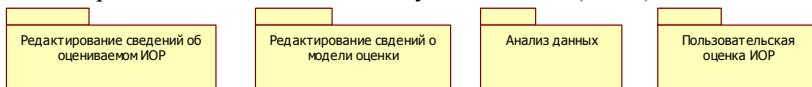


Рисунок 3. Функциональные требования к системе

Для того чтобы программное средство не было ограничено в применении определенными видами ИОР и несколькими уровнями УСК, подход к его созданию подразумевал создание такой системы, чтобы глубина вложенности уровней показателей качества, а так же их состав был настраиваем и зависел только от задач, стоящих перед его пользователями.

Экономическая модель оценки эффективности методов управления ИОР оценивается на основе расчета выгод от субституции ИОР. Для этого в классическую модель совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) введен ряд дополнительных показателей.

Полученные данные показали, что при разработке ИОР, затраты связанные с оценкой качества без использования ПС выше на 15%, нежели с использованием ПС (Рис.4).



Рисунок 4. Дополнительные затраты на оценку качества ИОР

В 4 главе рассмотрены результаты внедрения разработанных моделей и программного средства для оценки качества ИОР.

В рамках работы по созданию модели управления качеством ИОР были разработаны иерархии для двух уровней ИОР, соответствующих УСК3 и УСК4. При этом показатели Общего качества у них одинаковые, так как на данных уровнях ИОР отличаются в основном в рамках своего предназначения.

Для расчета весовых коэффициентов каждого показателя был проведен опрос экспертов, который позволил получить следующие данные:

1) Весовые коэффициенты показателей Общего качества (для УСК3 и УСК4) (Рис.5).

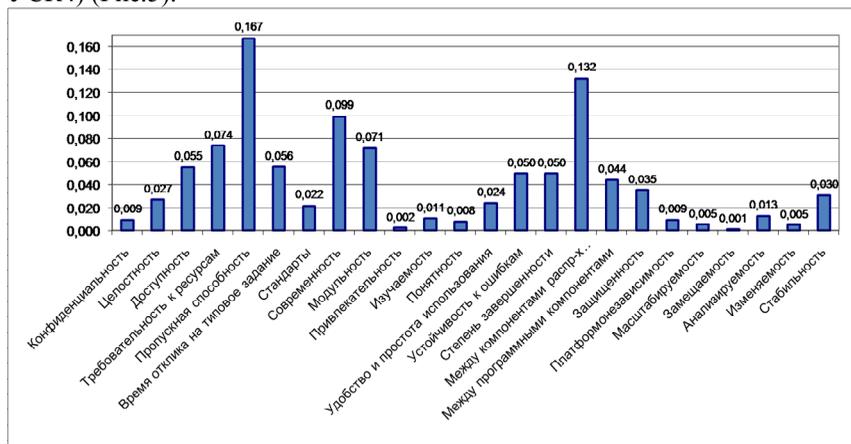


Рисунок 5. Весовые коэффициенты показателей Общего качества



Полученные весовые коэффициенты использовались для оценки качества таких систем, как Программа развития инновационной инфраструктура НИЯУ МИФИ (разрабатываемая в рамках Постановления Правительства РФ №219 от 9 апреля 2010 г.), Информационно-образовательная система МИФИСТ, Образовательный портал Intuit.ru (Интернет-университет), отдельные курсы порталов МИФИСТ и Intuit.ru.

Результаты оценки говорят о том, что образовательная система МИФИСТ является качественным информационно-образовательным ресурсом, предоставляющим полный спектр функционала для достижения основной цели любого ИОР – обеспечения качественного образовательного процесса. Это подтверждается проведенным опросом, в котором приняли участие как преподавательский состав НИЯУ МИФИ, так непосредственные пользователи – студенты.

На представленном рисунке (Рис.8) видно, что каждая оценка каждого показателя системы МИФИСТ равна или превосходит значение пользовательских ограничений для ИОР такого уровня, заданных экспертами при разработке модели управления качеством ИОР.

Для сравнения приведена так же экспертная оценка качества известного информационно-образовательного ресурса INTUIT.RU.

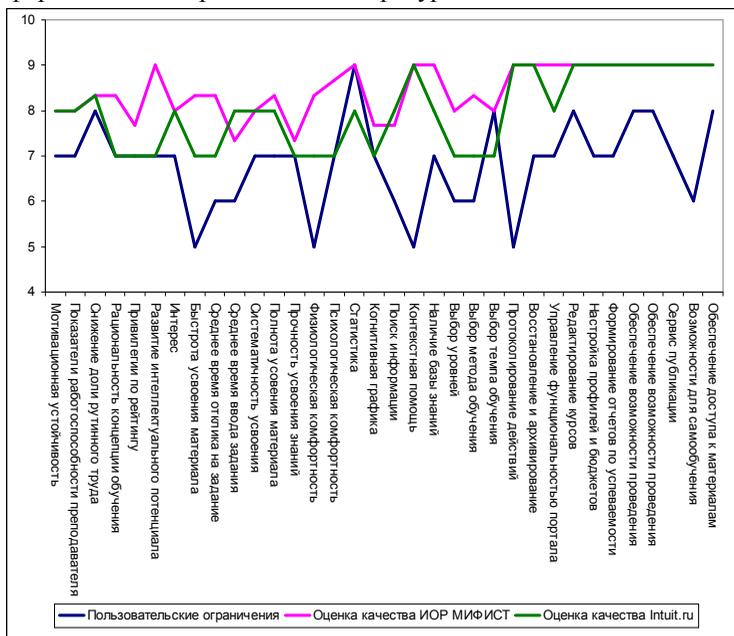


Рисунок 8. Соответствие оценок специализированного качества МИФИСТ пользовательским ограничениям

Так же в рамках проекта «Развитие теории характеристического управления для интеграции научного и образовательного пространств распределенного исследовательского университета и создание веб-ориентированной системы интеграции» федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009-2013 гг.)» с помощью разработанной модели осуществлено выделение сервисов для каждого типа пользователей Системы поддержки научной деятельностью (СПНД) на основе разработанной спецификации системы, то есть на начальной стадии жизненного цикла системы (Рис.9).

Выделенные сервисы позволили определить показатели качества и с помощью опроса экспертов определить их весовую значимость. Был произведен расчет потребительских ограничений, который позволил после разработки системы оценить ее на соответствие требуемому уровню качества.

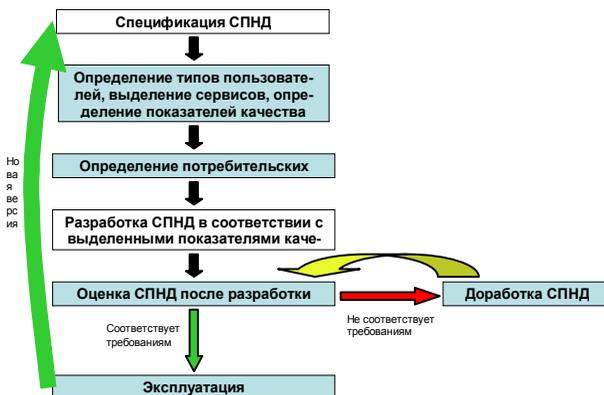


Рисунок 9. Применение модели оценки качества ИОР

В **заключении** приведены научные выводы по результатам проведенных исследований, практические рекомендации, изложены направления для дальнейшего исследования.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО РАБОТЫ

1. Систематизированы наборы функциональных требований уровней специализированного качества ИОР; с помощью агрегирования методологии ITIL/ITSM по описанию ИОР через набор информационных сервисов информационных ресурсов и методологии SCORM, с помощью которой данные информационные ресурсы разработаны, выделены наборы общих и специализированных свойств исследуемых объектов, что позволило интегрировать две сущности ИОР - информационную и специализированную по области применения;

2. Разработана модель управления качеством ИОР в рамках спиралевидной модели жизненного цикла по методологии SCORM для повышения их качества, а так же комплексная модель оценки качества ИОР, позволяющая оценивать ресурсы различного уровня, сложности и предназначения;

3. Адаптирован метод анализа иерархических сетей и разработаны алгоритмы для решения задачи управления качеством следующих информационно-образовательных ресурсов: информационно-образовательных порталов, программных тренажеров и ИОР как объектами инновационной инфраструктуры в соответствии с Постановлением правительства РФ 9 апреля 2010 г. №219.

4. Разработано программное приложение на базе предложенных моделей, позволяющее оценивать качество на всех этапах жизненного цикла ИОР.

5. Впервые проведена комплексная оценка ИОР как объектов инновационной инфраструктуры в рамках реализации программы «Формирование в НИЯУ МИФИ инновационной среды, обеспечивающей коммерциализацию результатов НИОКР во взаимодействии с промышленными предприятиями в рамках перехода на новые технологические платформы».

6. С помощью разработанной программной реализации системы оценки качества ИОР (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2010616101 от 16.09.2010) было проведено проектирование и сформированы функциональные требования для 12 электронных обучающих курсов и 3 программных тренажеров в рамках проекта № 3.2.3/6542 АВиЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)».

7. С помощью программной реализации системы оценки качества ИОР были проведены проектирование и разработка электронных обучающих курсов «Информатика. Части 1-4» и «Дискретная математика. Части 1-3» в рамках Программы создания и развития НИЯУ МИФИ (2010 г.).

8. Предложенная модель управления качеством использована при выполнении работ в рамках проекта по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009-2013 гг.)» в части разработки моделей информационных сервисов по методологии ITIL/ITSM системы поддержки научно-исследовательской деятельности, что подтверждено соответствующим актом об использовании.

### **Работы, опубликованные по теме диссертации**

#### **Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Гаврилов С.И. Модель управления качеством информационно-образовательных ресурсов / Гусева А.И., Гаврилов С.И., Тихомирова А.Н. // Программные продукты и системы. №1, 2010. – с. 146-149.

2. Гаврилов С.И. Система оценки качества информационно-образовательных ресурсов / Гусева А.И., Гаврилов С.И. // Качество. Инновации. Образование. – 2010. - №5. – с. 9-15.

3. Гаврилов С.И. Инструментарий для оценки качества информационно-образовательных ресурсов / Гусева А.И., Гаврилов С.И., Воронцова А.Н. // Аудит и финансовый анализ. – 2010. - №6. – с. 353-358.

#### **Работы, опубликованные в других рецензируемых изданиях:**

4. Гаврилов С.И. Оценка эффективности информационной системы на этапе внедрения на основе методологии ITIL/ITSM / Гусева А.И., Гаврилов С.И. // Информационная математика № 1(6), 2007, с. 74-80.

#### **Работы, опубликованные в сборниках трудов конференций:**

5. Гаврилов С.И. Жизненный цикл информационных образовательных ресурсов в формате SCORM /Гаврилов С.И., Гусева А.И., Цыплаков А.С. // Информационные технологии в образовании. XIX Международная конференция-выставка: сб. научных трудов. Часть II. – М.:МИФИ, 2009. - с. 64-66.

6. Гаврилов С.И. Модель оценки качества информационно-образовательных ресурсов // Международная конференция «Информационные технологии в образовании»: сб. тезисов, Часть 2 “Единая информационная среда образовательного учреждения”. - М.:2010. - с. 249-251.

7. Гаврилов С.И. Оценка затрат на распределенную информационную систему на основе совокупной стоимости владения // Научная сессия МИФИ-2009. XII Московская международная телекоммуникационная конференция студентов и молодых ученых «МОЛОДЕЖЬ И НАУКА». В 2-х частях. Ч. 1. М.: МИФИ, 2009. – с. 219-220.

8. Гаврилов С.И. Сервисная модель информационно-образовательной среды // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010. XIII Московская международная телекоммуникационная конференция студентов и молодых ученых «МОЛОДЕЖЬ И НАУКА». В 3-х частях. Ч. 3. М.: НИЯУ МИФИ, 2010, с. 179-180.

9. Гаврилов С.И. Проектирование и разработка программного средства для оценки качества информационно-образовательного ресурса // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011. XIV Московская международная телекоммуникационная конференция студентов и молодых ученых «МОЛОДЕЖЬ И НАУКА». В 3-х частях. Ч. 3. М.: НИЯУ МИФИ, 2010, с. 111-112.

10. Гаврилов С.И. Соглашение об уровне сервиса (SLA) и его роль в процессе взаимодействия бизнеса и ИТ // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XVII Международного научно-технического семинара. Алушта, сентябрь 2008 г. – СПб.: ГУАП, 2008. – 286 с. 225.

11. Гаврилов С.И. Использование совокупной стоимости владения в управлении ИТ-службами // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XVIII Международного научно-технического семинара. Алушта, 2009 г. – СПб.: ГУАП, 2009. с. 266.

12. Гаврилов С.И. Построение системы оценки качества информационно-образовательного ресурса // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XIX Международного научно-технического семинара. Алушта, 2010 г. – Издательский дом МЭИ, 2010. с. 124-125.

13. Гаврилов С.И. Применение метода анализа иерархий Т. Саати для оценки информационной системы // Научная сессия МИФИ-2007 Сборник научных трудов. М.:МИФИ, 2007, Т.2, с. 108-109.

**Приравненные к публикациям работы:**

14. Гаврилов С.И. Программный тренажер «Вычислительные сети и телекоммуникации. Стек TCP/IP» / Гусева А.И., Киреев В.С., Гаврилов С.И., Маслий Н.П., Цыплаков А.С., Кожин И.М., Иванов А.В.// М.: РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010611485 от 19.02.2010.

15. Гаврилов С.И. Система оценки информационно-образовательных ресурсов / Гусева А. И., Гаврилов С.И., Воронцова А.Н. // М.: РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010616101 от 22.08.2010.