



004611979

На правах рукописи

КОТОВ Сергей Сергеевич

**МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМИ ПЛАНАМИ  
КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ С УЧЕТОМ ПРЕДПОЧТЕНИЙ  
РАЗЛИЧНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ГРУПП**

Специальность: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

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

Москва – 2010

28 ОКТ 2010

Работа выполнена на кафедре «Математическое моделирование систем и процессов» Пермского государственного технического университета.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Столбов Валерий Юрьевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Минаев Владимир Александрович

доктор технических наук, профессор  
Харитонов Валерий Алексеевич

Ведущая организация: Пермский государственный университет

Защита состоится «12» ноября 2010 года в 11<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета Д 212.132.10 при Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по адресу: 105318, Москва, Измайловское шоссе, 4, Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов.

Автореферат разослан « 7 » ОКТАБРЯ 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



И.Б. Моргунов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В связи с модернизацией высшей школы и переходом на компетентный подход при реализации образовательных программ ВПО обострилась проблема автоматизации процесса проектирования учебных планов (УП) основных образовательных программ (ООП). При данном подходе перечень заявленных компетенций выступает в качестве целей образовательного процесса, поэтому учебный план должен строиться таким образом, чтобы достичь этих целей при ограниченных ресурсах. При этом возникает необходимость учета интересов различных социальных групп – участников учебного процесса (преподавателей и студентов) и потребителей его результатов (работодателей). Требования каждой группы к УП ООП обычно выражены в нечеткой форме и зачастую конфликтуют друг с другом. Ручное формирование учебного плана, учитывающего интересы всех социальных групп и требования ФГОС ВПО, становится достаточно сложной задачей, решение которой требует использования современных математических методов экспертного анализа, многокритериальной оптимизации, календарного планирования. Кроме этого, требование студентоориентированности образовательных программ нового поколения обуславливает необходимость многократного построения рабочих учебных планов ООП, учитывающих специфику подготовки студента, что невозможно без разработки соответствующего программного обеспечения в виде автоматизированной системы управления УП. Автоматизированная система призвана помогать руководителю подразделения вуза (ДПР) в принятии решения о выборе того или иного варианта построения учебного плана, путем предложения наиболее предпочтительных вариантов из всех возможных.

В связи с вышеизложенным **актуальность** темы диссертационного исследования заключается в необходимости совершенствования средств автоматизации проектирования, математического моделирования и анализа структуры и содержания компетентно-ориентированных учебных планов основных образовательных программ высшего профессионального образования. При этом важным требованием является ориентация на новое качество принятия проектных решений и повышение качества проектируемых учебных планов с учетом определения компромисса интересов всех социальных групп, причастных к образовательному процессу.

Исследования велись в рамках научно-исследовательской работы, выполняемой по заданию федерального агентства по образованию РФ, в рамках тематического плана Пермского государственного технического университета №1.20.05 «Исследование теоретических концепций систем принятия решений и информационных моделей инновационных проектов» и комплексного внутривузовского инновационного проекта по модернизации системы обеспечения качества и управления качеством высшего образования в рамках договора о совместной деятельности с Исследовательским центром проблем качества подготовки специалистов (ИЦПКПС) №69 от 18 апреля 2006 г.

**Объектом исследования** является набор учебных планов основной образовательной программы высшего профессионального образования в компетентностном формате.

**Предметом исследования** является модель управления компетентностно-ориентированным учебным планом с учетом нечетких предпочтений различных социальных групп.

**Целью работы** является построение модели управления структурой и содержанием учебного плана ООП, учитывающей различные критерии оптимальности УП, а также нечетко формализованные интересы основных участников и потребителей результатов учебного процесса. Модель должна быть реализована в виде программного комплекса, позволяющего решать задачи проектирования новых УП и совершенствования существующих путем управления структурой и содержанием планов с целью повышения их качества.

Исходя из цели работы, были поставлены следующие **задачи**:

1. Разработка модели взаимодействия различных социальных групп, заинтересованных в результатах проектирования учебного плана основной образовательной программы нового поколения, – работодателей, преподавателей и обучающихся.

2. Разработка и описание алгоритмов распределения трудоемкости по компетенциям и дисциплинам УП.

3. Разработка и описание эвристических алгоритмов формирования календарного графика допустимого учебного плана.

4. Разработка и описание критериев оптимальности УП, учитывающих требования работодателей, преподавателей, студентов и выпускников.

5. Разработка методики выбора оптимального варианта учебного плана с учетом иерархической структуры конфликтных нечетко формализованных интересов различных социальных групп.

6. Создание комплекса программ – инструмента разработчика учебного плана, позволяющего осуществлять проектирование и поддержку управленческих решений, направленных на повышение качества УП.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. Разработан новый алгоритм составления учебных планов ООП на основе компетентностного подхода.

2. Разработаны оригинальные эвристические методы формирования календарного графика учебного плана.

3. Предложена методика оценки предпочтительности учебного плана ООП с помощью комплексного критерия оптимальности, учитывающего нечеткие предпочтения различных социальных групп.

**На защиту выносятся следующие положения:**

1. Модель взаимодействия различных социальных групп, заинтересованных в результатах проектирования учебного плана.

2. Эвристический алгоритм формирования календарного графика допустимого учебного плана.

3. Комплексный критерий оценки оптимальности учебного плана с учетом иерархической структуры конфликтных нечетко формализованных интересов различных социальных групп.

4. Модель управления структурой и содержанием учебного плана ООП, учитывающая различные критерии оптимальности УП.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке методов и эвристических алгоритмов, а также создании на их базе программного комплекса, позволяющего проектировать новые учебные планы ООП компетентностного содержания, модифицировать и оптимизировать существующие УП. Программный комплекс позволяет анализировать оптимальность построенных вариантов УП с учетом различных критериев оптимальности, выраженных нечеткими предпочтениями различных социальных групп лиц, заинтересованных в результатах проектирования УП. Применение разработанного программного комплекса позволяет облегчить работу руководителя подразделения вуза, ответственного за разработку учебных планов, позволяет формировать и анализировать несколько вариантов УП, различных по структуре и содержанию, с целью нахождения лучшего. Разработанный программный комплекс был внедрен в практику проектирования учебных планов основных образовательных программ, реализуемых в Пермском государственном техническом университете, а также использовался при обучении слушателей курсов повышения квалификации, проводимых Исследовательским центром проблем качества подготовки специалистов НИТУ «МИСиС». Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20100615096 от 9 августа 2010 г.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы обсуждались на 34-й Международной конференции «IT-S&E'07» (Украина, г. Гурзуф, 2007, 2008), на 7-й Международной конференции «Системы управления эволюцией организации» (Италия, г. Риччионе, 2008), 3-й Международной конференции «Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми системами образования» (Ижевск, 2008), на 36-й Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и бизнесе» (Украина, г. Гурзуф, май 2009 г.), на 6-й и 7-ой школах-конференциях молодых ученых «Управление большими системами» (г. Ижевск, 2009, г. Пермь, 2010), на семинарах ИЦКПС (Москва, февраль 2009, июнь 2010), на семинаре по проектированию ООП ВПО нового поколения (Москва, МИСиС, апрель 2010), на семинаре кафедры ММСП (Пермь, ПГТУ, май 2010).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателю принадлежат: модель взаимодействия различных социальных групп [1,2]; методика формирования допустимого учебного плана [1,3,5,7]; комплексный критерий оценки оптимальности варианта учебного плана [1,4,6,9].

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 152 страницы текста, включая 24 рисунка и 4 приложения. Библиографический список включает 110 источников.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, перечислены основные полученные результаты.

В первой главе описываются особенности проектирования учебных планов образовательных программ ВПО в контексте Болонского процесса. Здесь же рассматриваются и анализируются дополнительные требования к проектируемым УП, накладываемые необходимостью формирования индивидуальных образовательных траекторий и учета интересов различных социальных групп при разработке УП.

Одна из основных позиций Болонского процесса – построение модели обучения на основе компетентностного подхода к заданию целей и результатов образования. При этом вузам необходимо четко определить, чему, как и в каком объеме обучать будущего специалиста, чтобы он мог найти свое место в обществе и получить достойную и высокооплачиваемую работу в соответствии с полученной квалификацией.

Компетентностный подход обуславливает необходимость разработки и внедрения инновационных механизмов в процессы проектирования, реализации и оценки качества основных образовательных программ высшего профессионального образования. В этом контексте вуз является поставщиком образовательных услуг в виде реализуемых и востребованных обществом образовательных программ. Потребителями образовательных услуг являются: работодатели, студенты, обучаемые, преподаватели и общество в лице государства (рис. 1). Все эти социальные группы заинтересованы в формировании качественных образовательных программ, однако их интересы зачастую противоречивы и нечетко выражены. В работе рассмотрены только крупнейшие группы потребителей – государство, работодатели, обучаемые и сотрудники вуза.

В первой главе также приведен обзор подходов к построению компетентностной модели выпускника ВПО, методов и автоматизированных систем, применяемых при проектировании учебных планов. Разработкой структурных моделей образовательных программ компетентностного содержания занимались такие ученые как Байденко В.И., Зимняя И.А., Селезнева Н.А., Золотарева Н.М., Азарова Р.Н., Садовская Е.А., Хугорской А.В., Крахт Л.Н., Белоусов В.Е., Борисова Н.В., Кузов Б.В. и другие. Задачи автоматизации формирования учебных планов решались такими отечественными учеными как: Либерман С.Ю., Моргунов И.Б., Роменец В.А., Трофимова О.К., Никитин А.В., Богоявленский Ю.А., Петров М.Я., Сивовцев Г.С., Мухин Э.В., Сумароков Л.Н. и

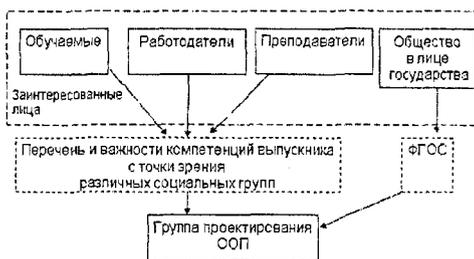


Рис. 1. Влияние различных социальных групп на структуру ООП

другими. Однако переход на компетентностный подход обуславливает необходимость разработки новых алгоритмов и методов проектирования УП.

Во второй главе рассмотрены вопросы получения исходных данных, необходимых для автоматизированного проектирования учебного плана ООП, и предложены два альтернативных алгоритма распределения трудоемкости по компетенциям и дисциплинам.

Для решения задачи формирования актуального перечня компетенций выпускника с указанием важности каждой компетенции в ПермГТУ была разработана специальная методика. Исследования проводились в 2007-2008 годах с привлечением основных региональных работодателей, выпускников вуза, имеющих стаж работы в профессиональной области более 3 лет, а также преподавателей университета. В работе рассматривается полная компетентностная модель выпускника, включающая общекультурные и профессиональные компетенции.

Перечень дисциплин, входящих в УП, формируется в соответствии с дисциплинарно-компетентностной структурой ООП. В нем указывается вклад каждой дисциплины в формирование некоторого набора компетенций.

Для распределения трудоемкости дисциплин были разработаны два альтернативных алгоритма. Первый из них, названный компетентностным, в полной мере следует идеологии компетентностного подхода и при расчете трудоемкости дисциплин ориентируется исключительно на важности компетенций и их связи с дисциплинами, установленные экспертами.

Однако применение этого алгоритма очень сильно зависит от правильности экспертных оценок, которой весьма сложно добиться на первых этапах внедрения компетентностного подхода в отечественную систему образования. Поэтому был разработан второй алгоритм, названный квазикомпетентностным, предоставляющий разработчику ООП большую свободу действий по управлению распределением трудоемкости дисциплин в частности, и структурой и содержанием ООП в целом. Идея этого подхода состоит в вычислении для каждой дисциплины нагрузочного коэффициента, зависящего от вклада дисциплины в формирование компетентностного портрета выпускника. Конечная трудоемкость дисциплины вычисляется как средняя трудоемкость по циклу, умноженная на значение этого коэффициента.

На последнем этапе распределения трудоемкости по компетенциям и дисциплинам выполняется процедура округления трудоемкостей до целых и приведения суммарной трудоемкости цикла к требуемым ФГОС ВПО нормам.

В третьей главе описана методика формирования допустимого учебного плана и предложены три эвристических алгоритма распределения дисциплин по семестрам.

Первым пунктом алгоритма составления допустимого учебного плана является проверка графа структурно-логических связей дисциплин на отсутствие замкнутых контуров. Если это условие выполнено, строится непротиворечивая последовательность изучения дисциплин. Основная идея алгоритма состоит в удалении из исходной матрицы структурно-логических связей столбцов и строк, соответствующих дисциплинам, не имеющим предыдущих, пока не будут убраны

все. Это гарантированно можно сделать, поскольку в графе нет замкнутых контуров. После этого дисциплины распределяются в том порядке, в котором они были удалены – и получается последовательность, в которой эти дисциплины должны быть изучены, чтобы не нарушить структурно-логические связи.

Далее выполняется распределение дисциплин по семестрам, для этого все множество дисциплин разделяется на три группы:

1. Начальные дисциплины – не опираются ни на какие другие, следовательно, могут изучаться в первую очередь. При этом существуют дисциплины, опирающиеся на них в своем изучении. Эта группа дисциплин преимущественно распределяется на первые семестры, чтобы сформировать у обучаемых базовые знания, необходимые в процессе дальнейшего обучения.
2. Зависимые дисциплины – основная группа дисциплин, которые при изучении опираются на другие.
3. Свободные дисциплины – не требуют для своего изучения информации из других дисциплин, при этом на них также не опирается ни одна другая дисциплина. Обычно к этой группе относятся элективные дисциплины расширяющего типа, относящиеся к гуманитарному или естественно-научному циклам. Дисциплины этой группы могут изучаться в любом семестре учебного плана, поэтому распределяются в последнюю очередь.

Процесс формирования календарного графика учебного плана выполняется снизу вверх по построенной на предыдущем этапе непротиворечивой последовательности изучения дисциплин, начиная с начальных дисциплин. При этом для каждой дисциплины, размещаемой в некотором семестре, производится анализ выполнения всех ограничений, накладываемых на УП ФГОС ВПО и матрицей структурно-логических связей дисциплин. Если какое-либо из ограничений не выполняется, размещение дисциплины в данный семестр откладывается и производится попытка размещения следующей по очереди дисциплины. Для выяснения порядка заполнения семестров дисциплинами вводится понятие веса дисциплины, который отражает ее важность. Чем больше вес дисциплины, тем раньше ее следует поставить в УП.

Для вычисления веса дисциплин применяются различные эвристические алгоритмы, каждый из которых отражает различные способы формирования учебного плана. Поскольку заранее неизвестно, какая из эвристик позволит составить наиболее удобный УП, предлагается использовать все, в результате будет сформировано несколько различных вариантов учебного плана. В дальнейшем для каждого из них проводится оценка оптимальности и выбирается лучший по некоторому критерию. На рис. 2 приведены примеры вычисления весов дисциплин с использованием различных эвристик. Вес каждой дисциплины изображен в затененном квадрате.

1. *Эвристика вычисления минимального номера семестра* (рис. 2а) Данная эвристика основывается на ограниченном числе семестров, выделенных на освоение образовательной программы. Для каждой дисциплины можно вычислить ее вес, исходя из минимального номера семестра, в котором она должна быть изучена, чтобы все последующие дисциплины, базирующиеся на данной, поместились в УП без нарушения структурно-логических связей. Другими

словами, вес – это число дисциплин в самом длинном пути между данной дисциплиной и терминальной дисциплиной, завершающей изучение данной цепочки дисциплин. При размещении дисциплин в каждом из семестров приоритет отдается дисциплинам, имеющим наибольший вес. В приведенном на рис. 2а примере дисциплина  $D_4$  имеет вес 2, т.к. после нее в цепочке есть еще дисциплины  $D_2$  и  $D_1$ , а  $D_3$  имеет вес 1, т.к. от нее зависит только одна дисциплина  $D_1$ .

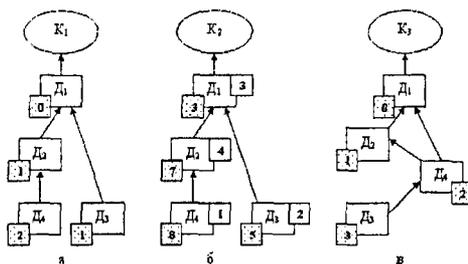


Рис. 2. Примеры использования эвристик

2. *Эвристика вычисления максимальной трудоемкости цепочки дисциплин* (рис. 2б). Данная эвристика основывается на ограничении общей трудоемкости дисциплин в одном семестре. Для каждой дисциплины можно вычислить ее вес, как суммарную трудоемкость всех дисциплин, зависящих от данной плюс трудоемкость самой дисциплины. При размещении дисциплин в каждом из семестров приоритет отдается дисциплинам, имеющим наибольший вес. Объясняется такой подход тем, что чем раньше такая дисциплина будет изучена, тем легче будет распределить зависящие от нее дисциплины по оставшимся семестрам. В примере на рис. 2б трудоемкость дисциплин указана в белом квадратике. Так, дисциплина  $D_4$  имеет вес 8 (сумма трудоемкостей дисциплин  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_4$ ).

3. *Эвристика вычисления максимального количества дисциплин в цепочке дисциплин* (рис. 2в). Данная эвристика основывается на ограничении числа дисциплин одного цикла, изучаемых в семестре. Для каждой дисциплины можно вычислить ее вес, как суммарное число всех дисциплин, зависящих от данной. В приведенной эвристике предполагается, что, если дисциплины зависят друг от друга, то они принадлежат к одному циклу. При размещении дисциплин в каждом из семестров приоритет отдается дисциплинам, имеющим наибольший вес. Таким образом, для изучения оставшихся дисциплин в цепочке остается больше семестров, в которых их будет легче распределить. Так, в приведенном на рис. 2в примере дисциплина  $D_3$  имеет вес 3 (от нее зависят дисциплины  $D_1$ ,  $D_2$  и  $D_4$ ).

Результатом выполнения данного этапа является вариант допустимого учебного плана, отвечающего всем требованиям ФГОС ВПО, но ничего не говорится о его оптимальности. В предлагаемой методике предполагается, что процедура формирования календарного графика учебного плана может быть повторена несколько раз с некоторыми изменениями матрицы структурно-логических связей с целью получения удовлетворительного конечного учебного плана ООП. При этом каждый из успешно сформированных вариантов допустимого УП должен быть записан и в дальнейшем будет участвовать в процедуре поиска наилучшего из сформированных УП.

В четвертой главе описывается методика построения иерархического критерия оптимальности учебного плана и вводятся частные критерии

оптимальности. Также вкратце описывается разработанный программный продукт – АРМ проектировщика учебного плана.

Задачу комплексного оценивания качества учебного плана можно рассматривать как частную задачу квалиметрии, решение которой в общем смысле и применительно к высшему образованию, в частности, рассматривали в своих работах такие ученые как Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П., Гличев А.В., Субетто А.И., Татур Ю.Г. и другие. В отличие от известных методик, в данной работе предлагается комплексный критерий, построенный с учетом не только частных критериев оптимальности учебного плана, но и нечетко заданных интересов обучаемых, преподавателей и работодателей.

Поскольку в общем случае невозможно построить такой учебный план, который одновременно удовлетворит потребности всех заинтересованных групп: работодателей, преподавателей и обучаемых, вместо задачи построения оптимального учебного плана, в работе поставлена задача нахождения среди сформированного набора вариантов допустимых учебных планов такого, который наилучшим образом соответствует предпочтениям различных групп. Для оценки этого соответствия вводится интегральный критерий, зависящий от частных критериев оптимальности, используемых каждой социальной группой для оценки качества учебного плана. Эти частные критерии, в свою очередь, основываются на таких показателях учебного плана, как трудоемкость дисциплин и компетенций, распределение дисциплин по семестрам, выполненные структурно-логические связи дисциплин и т.д. Предложенная в работе иерархическая структура критерия оптимальности учебного плана представлена на рис. 3.

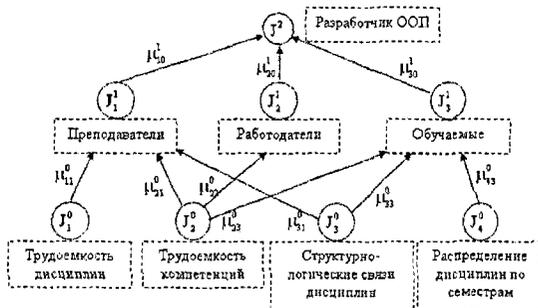


Рис. 3. Иерархическая структура критериев оптимальности системы

В целом предложенный подход следует идеям квалиметрии в области построения иерархических критериев оценки качества. Однако необходимо отметить одну особенность, состоящую в отсутствии явно заданного эталонного УП, с которым бы сравнивались все оцениваемые варианты. В разработанной методике все варианты УП сравниваются друг с другом по заданному набору критериев. При этом значения критериев оптимальности отражают только относительные преимущества рассматриваемых вариантов друг над другом.

Считается, что каждый вариант построения учебного плана описывается некоторым набором значений критериев  $\{J_i^0 = \{J_{ik}^0\}\} \in [0, 1]$ , где  $k = \overline{1, K}$  - номер варианта построения УП,  $i$  - номер критерия. На верхнем структурном уровне

оптимальность учебного плана характеризуется значением некоторого обобщенного критерия  $J^2$ , который, в свою очередь, зависит от некоторого множества критериев первого уровня  $\{J_i^1\}$ , отражающих качество построенного варианта учебного плана с точки зрения различных социальных групп. Каждый критерий первого уровня, в свою очередь, зависит от множества исходных показателей оптимальности УП  $\{J_i^0\}$ . Важность учета критериев нижнего уровня в смысле критерия верхнего уровня задается коэффициентами  $\mu_j^k$ , как показано на рис. 3.

В работе предложены следующие критерии оценки оптимальности учебного плана:

1. Показателями нулевого уровня считаются распределение трудоемкости между компетенциями и дисциплинами, распределение дисциплин по семестрам, число разрывов в цепочках связанных дисциплин, число выполненных и нарушенных связей между дисциплинами, распределение трудоемкости по циклам.

Опишем эти критерии более подробно:

- *Степень удовлетворенности работодателей, обучающихся и преподавателей распределением трудоемкости по компетенциям* в построенном учебном плане вычисляется, исходя из важностей компетенций, указанных при анкетировании. Степень удовлетворенности  $m$ -ой группы участников проектирования  $k$ -м вариантом УП через важности компетенций можно вычислить по следующей формуле:

$$J_{mk}^0 = 1 - \sum_j \left| \frac{B_{jm}}{\sum_i B_{im}} - \frac{T_{jk}}{\sum_i T_{ik}} \right|, m = \overline{1,3}, \text{ где } m - \text{номер группы (1 - работодатели; 2 -}$$

преподаватели; 3 - обучаемые),  $k$  - вариант построения учебного плана,  $B_{jm}$  - важность  $j$ -ой компетенции для  $m$ -ой группы заинтересованных лиц,  $T_{jk}$  - трудоемкость, выделенная  $j$ -ой компетенции в  $k$ -м варианте построения учебного плана.

Для группы заинтересованных лиц, состоящей из преподавателей, вводится еще два критерия оптимальности учебного плана:

- *Степень удовлетворения запросов преподавателей на трудоемкость, необходимую для изучения каждой из дисциплин.* Значение  $J_{ak}^0$  в данном

случае можно вычислить как:  $J_{ak}^0 = \sum_j \left| \frac{M_{jk}^0 - M_{jk}^{0*}}{M_{jk}^0} \right|$ , где  $M_{jk}^0$  - трудоемкость,

затребованная преподавателями на изучение  $j$ -ой дисциплины,  $M_{jk}^{0*}$  - трудоемкость, реально выделенная на дисциплину в данном варианте учебного плана,  $k$  - номер варианта построения учебного плана.

- *Отношение суммы весов разорванных структурно-логических связей к общей сумме весов всех заданных связей дисциплин.* Формулу для

вычисления  $J_{sk}^0$  в данном случае можно записать в виде:  $J_{sk}^0 = 1 - \frac{\sum W_j'}{\sum W_j}$ , где

$W_i$  – вес  $i$ -й структурно-логической связи, а  $W_j'$  – вес  $j$ -й разорванной структурно-логической связи.

Удовлетворенность обучаемых построенным учебным планом можно описать через ряд критериев, отражающих комфортность обучения:

- *Критерий соответствия трудоемкости семестров нормативным требованиям.* Данный критерий отражает величину отклонения трудоемкости семестров от нормативного значения, равного 30 кредитам. Суммарная величина отклонения  $D$  вычисляется по формуле:  $D = \sum_j |30 - S_j|$ ,

где  $j$  – номер семестра, а  $S_j$  – трудоемкость  $j$ -го семестра. Далее величина критерия  $J_{sk}^0$  определяется по значению  $D$  в соответствии с определенным экспертами правилом.

- *Критерий неразрывности цепочек изучения дисциплин.* Данный критерий отражает качество структуры учебного плана. В идеальном случае дисциплины, связанные структурно-логическими связями должны изучаться строго последовательно без перерывов, т.к. любой разрыв в последовательности изучения дисциплин негативно сказывается на восприятии материала обучающимися. Таким образом, для каждой структурно-логической связи между дисциплинами учебного плана вычисляется длина  $d_i$ , как число семестров между окончанием изучения одной дисциплины и началом изучения следующей. В соответствие каждой связи ставится показатель предпочтительности  $N_i$ , зависящий от  $d_i$ , и определяемый экспертами. Далее значение критерия  $J_{jk}^0$  вычисляется по

формуле:  $J_{jk}^0 = \frac{\sum N_i}{i}$ , где  $i$  – номер структурно-логической связи в УП.

- *Критерий равномерности распределения дисциплин в семестре.* Данный критерий отражает степень разнообразия дисциплин, находящихся в одном семестре, по их принадлежности различным циклам дисциплин. Предполагается, что с точки зрения обучаемых, в оптимальном плане дисциплины всех трех циклов должны быть представлены соразмерно в каждом семестре. Среднее отклонение суммарной трудоемкости дисциплин

одного цикла от нормы вычисляется по формуле:  $S_j = \sum_r \left| \frac{\sum_{i \in r} T_{ir}^j}{B_j} - 0,33 \right|$ , где  $j$  –

номер семестра;  $i$  – номер дисциплины;  $r$  – номер цикла дисциплин;  $T_{ir}^j$  – трудоемкость  $i$ -ой дисциплины,  $r$ -го цикла  $j$ -го семестра;  $B_j$  – суммарная трудоемкость  $j$ -го семестра. В соответствие каждому значению  $S_j$  ставится

величина штрафа  $C_j$ , зависящая от  $S_j$ , и определяемая экспертами. Далее

значение критерия  $J_{sk}^0$  вычисляется по формуле:  $J_{sk}^0 = \frac{\sum C_j}{j}$ .

2. Критериями оптимальности первого уровня  $J_{mk}^1$  являются степени удовлетворенности построенным учебным планом работодателей, преподавателей и обучаемых. Для вычисления обобщенных критериев каждой группы используются критерии нулевого уровня с учетом коэффициентов важности каждого частного критерия. Другими словами, на 1-ом структурном уровне производится свертка частных критериев, учитывающая интересы каждой социальной группы. В работе предлагается несколько различных вариантов такой свертки. Например, если допускается игнорирование одного из критериев при некотором суммарном выигрыше по остальным критериям, используется следующая формула:

$$J_{ja}^1 = \min_{k \neq a} (M_{jk}^1(V_a^0, V_k^0, \mu_{ij}^0)) = \min_{k \neq a} \left( \frac{1 + \sum_i \mu_{ij}^0 (J_{ia}^0 - J_{ik}^0)}{2 \sum_i \mu_{ij}^0} \right),$$

где  $j$  – номер обобщенного критерия 1-го уровня;  $i$  – номер критерия 0-го уровня;  $V_a^0$  и  $V_k^0$  – варианты построения УП;  $M_{jk}^1(V_a^0, V_k^0, \mu_{ij}^0)$  – функция принадлежности нечеткого отношения, имеющая смысл степени превосходства варианта построения УП  $V_a^0$  над вариантом  $V_k^0$ ;  $\mu_{ij}^0$  – коэффициент, отражающий важность учета критерия  $J_i^0$  при вычислении критерия  $J_j^1$  (см. рис. 3);  $J_{ia}^0$  – значение  $i$ -го критерия 0-го уровня для  $a$ -го варианта УП;  $J_{ja}^1$  – значение  $j$ -го обобщенного критерия 1-го уровня для  $a$ -го варианта УП.

Рассмотрим подробнее каждую группу критериев:

- Удовлетворенность построенным учебным планом группы работодателей вычисляется, исходя из значений всего лишь одного критерия нулевого уровня  $J_{lk}^0$  (по распределению трудоемкости компетенций).
- Удовлетворенность построенным учебным планом группы преподавателей вычисляется, исходя из значений трех частных критериев:  $J_{2k}^0$  (по распределению трудоемкости компетенций),  $J_{4k}^0$  (по отклонению трудоемкости дисциплин от требуемых величин) и  $J_{3k}^0$  (по весу разорванных структурно-логических связей).
- Удовлетворенность построенным учебным планом группы обучающихся вычисляется, исходя из значений четырех частных критериев:  $J_{3k}^0$  (по распределению трудоемкости компетенций),  $J_{6k}^0$  (по соответствию трудоемкости семестров нормативным требованиям),  $J_{7k}^0$  (по неразрывности цепочек изучения дисциплин) и  $J_{8k}^0$  (по равномерности распределения дисциплин в семестре).

3. Критерием оптимальности высшего уровня  $J_k^2$  является интегральная оценка степени удовлетворенности всех заинтересованных групп построенным учебным планом. Этот критерий формируется из трех обобщенных критериев

первого уровня  $J_{nk}^1, m = \overline{1,3}$  аналогичным образом, как и критерии оптимальности 1-го уровня.

Описанная выше методика позволяет на каждом этапе проектирования учебного плана оценивать полученные варианты структуры и содержания УП и принимать решение о перспективности дальнейшей работы с данным вариантом. На завершающем этапе проектирования УП все ранее сформированные варианты ранжируются по значению интегрального критерия оптимальности высшего уровня и выводятся только несколько лучших, из которых проектировщик ООП выбирает окончательный учебный план.

Разработанное автором автоматизированное рабочее место (АРМ) разработчика учебного плана позволяет выполнять все описанные процедуры, из которых состоит процесс формирования учебного плана компетентностно-ориентированной ООП. Общий вид главного окна приложения приведен на рис. 4.

В пятой главе рассматривается процесс формирования множества допустимых вариантов учебного плана ООП компетентностного содержания на примере образовательной программы подготовки бакалавра по направлению 150400 – *Металлургия* и нахождения среди них наилучшего с точки зрения различных групп лиц, заинтересованных в результатах проектирования. Для проведения анализа было сформировано несколько вариантов распределения трудоемкости по компетенциям и дисциплинам с использованием следующих методик:

Рис. 4. Общий вид главного окна АРМ

1. распределение по компетентностному алгоритму;
2. распределение по квазикомпетентностному алгоритму;
3. ручное распределение трудоемкостей группой экспертов, основанное на результатах, полученных по второму способу.

На следующем этапе было произведено распределение дисциплин по семестрам и годам обучения. К каждому из полученных ранее вариантов распределения трудоемкости были применены предложенные в третьей главе эвристические алгоритмы распределения дисциплин по семестрам. Из получившегося набора допустимых учебных планов, удовлетворяющим всем требованиям ФГОС ВПО и разработчика, для проведения процедуры поиска оптимального были выбраны 10 вариантов УП.

При расчете значений критериев оптимальности использовались коэффициенты важности каждого критерия, установленные группой экспертов. Результаты вычисления критериев оптимальности первого и второго уровней приведены в таблице 1. Жирным шрифтом отмечены максимальные значения критериев, а подчеркиванием – минимальные. На рисунках приведены гистограммы значений критериев оптимальности. На рис. 5 изображены значения критериев нулевого уровня, используемые группой преподавателей для оценки качества УП. Черный столбец – по распределению трудоемкости компетенций;

белый – по отклонению трудоемкости дисциплин от требуемых величин; серый –  $J_{zk}^0$  по весу разорванных структурно-логических связей.

На рис. 6 показаны значения критериев нулевого уровня, используемые группой обучаемых для оценки качества УП. Черный столбец –  $J_{zk}^0$  по распределению трудоемкости компетенций; белый – по соответствию трудоемкости семестров нормативным требованиям; серый – по неразрывности цепочек изучения дисциплин; штрихованный – по равномерности распределения дисциплин в семестре.

На рис. 7 изображены интегральные критерии первого уровня. Черный столбец – удовлетворенность работодателей; белый –

удовлетворенность преподавателей; серый – удовлетворенность обучаемых.

Из рис. 5 видно, что для вариантов УП, сформированных по компетентностному алгоритму (варианты №1-4), значение критерия отклонения трудоемкости дисциплин от требуемой (белый столбец) значительно ниже, чем для остальных вариантов. В то же время, значения критерия распределения трудоемкости компетенций наоборот значительно выше в вариантах №1-4. Этот результат вполне закономерен и объясняется тем, что с точки зрения «компетентностных» критериев оптимальности лучшим считается план, построенный по компетентностной идеологии. В то время как по критерию отклонения трудоемкости дисциплин от требуемой, отражающему существующую практику формирования УП, лучшими оказываются варианты, сформированные по квазикомпетентностному алгоритму. Вопрос о том, какому из подходов отдать предпочтение, должен решаться проектировщиком УП и группой экспертов-преподавателей. Технически же в предложенной модели этот вопрос решается выбором ЛПР коэффициентов важности при соответствующих критериях оптимальности УП.

В описываемом примере было принято решение формально увеличить важность критерия отклонения трудоемкости дисциплин от требуемой, что вывело на первое место в списке предпочтительности вариант №9, который и был признан наилучшим.

Таблица 1

№ варианта	Обобщенный интегральный критерий $J_k^2$	Удовл. Работодателей $J_{1k}^1$	Удовл. Преподавателей $J_{2k}^1$	Удовл. Обучаемых $J_{3k}^1$
3	<b>0.3684</b>	0.4570	0.3187	<b>0.3474</b>
9	0.3471	0.3751	0.3632	0.2809
5	0.3456	0.3941	0.3517	0.2872
1	0.3433	<b>0.5430</b>	0.3068	0.2662
8	0.3409	<u>0.3751</u>	<b>0.3701</b>	<u>0.2582</u>
2	0.3408	0.4503	0.3312	0.2926
7	0.3397	0.3941	0.3389	0.29
10	0.3394	0.3751	0.3476	0.2849
6	0.3353	0.3941	0.3407	0.2776
4	<u>0.2895</u>	0.4570	<u>0.2185</u>	0.2905

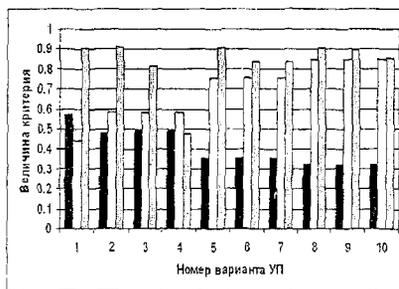


Рис. 5. Гистограмма критериев нулевого уровня для преподавателей

Также нельзя не отметить вариант УП №8, имеющий максимальное значение критерия удовлетворенности преподавателей и минимальное — критериев удовлетворенности работодателей и студентов. Этот вариант УП является ярким примером существующей в настоящий момент практики разработки учебных планов, ориентированных исключительно на соблюдение интересов группы преподавателей вуза, и не учитывающих других мнений.

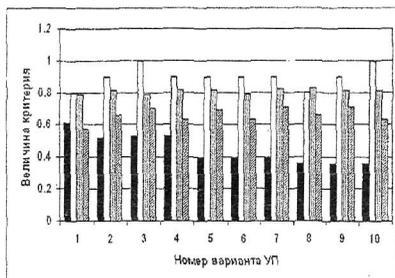


Рис. 6. Гистограмма критериев нулевого уровня для обучающихся

Проведенный экспертный анализ полученных результатов показал, что разработанная модель позволяет формировать учебные планы, удовлетворяющие всем жестким ограничениям, накладываемым ФГОС ВПО, и нежестким ограничениям на структурно-логические связи между дисциплинами. При этом проведенная экспертная оценка признанного наилучшим варианта учебного плана подтверждает адекватность предложенной модели и возможность ее применения для проектирования учебных планов ООП ВПО нового поколения.

Таким образом, предложенная методика оценки оптимальности вариантов учебного плана позволяет не только находить наилучший вариант, но и проводить научно обоснованный анализ всех вариантов с возможностью оценки предпочтений каждой социальной группы тому или иному варианту УП. Кроме этого модель позволяет управлять структурой и содержанием учебного плана с учетом нечетких интересов различных социальных групп. С использованием разработанного программного комплекса всегда можно взглянуть на уже сформированный вариант учебного плана с разных точек зрения и рассмотреть различные альтернативные варианты его модификации с целью повышения общего уровня удовлетворенности всех заинтересованных групп построенным учебным планом.

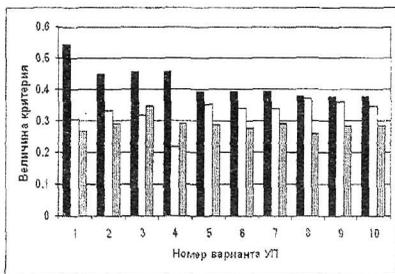


Рис. 7. Гистограмма критериев первого уровня

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Предложена модель взаимодействия различных социальных групп, заинтересованных в результатах проектирования учебного плана основной образовательной программы нового поколения, — работодателей, преподавателей и обучающихся. Описаны основные категории конфликтных интересов каждой группы. Показано, что эти интересы имеют ярко выраженную нечеткую природу.

2. Разработаны два альтернативных алгоритма распределения трудоемкости по компетенциям и дисциплинам учебного плана. Описаны условия и рекомендации применения каждого из них.
3. Разработана методика формирования календарного графика допустимого учебного плана, основанная на трех альтернативных эвристических алгоритмах распределения дисциплин по семестрам и годам обучения. Показана эффективность применения разработанных эвристик в различных условиях.
4. Разработаны и обоснованы критерии оценки оптимальности учебного плана, актуальные для различных социальных групп. Проверена адекватность оценок оптимальности учебного плана, получаемых с помощью рассмотренных критериев.
5. Предложена методика выбора оптимального варианта учебного плана с учетом интересов работодателей, преподавателей и обучаемых. Адаптирован метод учета конфликтных нечетко формализованных интересов различных социальных групп к задаче проектирования учебного плана.
6. Разработан комплекс программ, позволяющий осуществлять проектирование компетентностно-ориентированных учебных планов и поддержку принятия управленческих решений, направленных на повышение качества УП. Данный комплекс внедрен в практику ПГТУ и ИЦКПС НИТУ «МИСиС».

**Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:**

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Котов С.С., Столбов В.Ю. Управление структурой образовательных программ компетентностного содержания с учетом нечетких социальных предпочтений // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – №1.3 – С.411-416.
2. Беляев А.А., Котов С.С., Столбов В.Ю. Модель управления ресурсами предприятия при дискретном производстве. // Проблемы управления. – 2007. – №6 – С. 50-56.

Статьи и материалы конференций:

3. Матушкин Н.Н., Котов С.С., Столбов В.Ю. Использование компетентностного подхода при проектировании специализированных магистерских программ // Труды XXXIV Междунар. конф. «IT-S&E'07», Украина, г. Гурзуф, 2007. – С. 278-279.
4. Гилязов Р.Л., Котов С.С., Столбов В.Ю. Построение организационной системы с учетом иерархической структуры нечетких критериев оптимальности // Труды V Междунар. конф. «Системы управления эволюцией организации СУЭО/CSOE'08» (7-11 апреля 2008 г., Италия, г. Риччионе) / ИПУ РАН – Воронеж: Научная книга, 2008. – С.183-187.
5. Котов С.С., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Шарыбин И.Д. Автоматизация процесса проектирования учебных планов образовательных программ на основе компетентностного подхода // Материалы 3-й Межд. конференции «Технические университеты: интеграция с европейскими и мировыми

- системами образования» (22-24 апреля 2008 г., Россия, Ижевск), Т.1. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2008. – С.287-292.
6. Котов С.С., Матушкин Н.Н., Столбов В.Ю. Автоматизация проектирования учебных планов образовательных программ в рамках компетентного подхода // Труды XXXV Междунар. конф. «IT-S&E'08», Украина, г. Гурзуф, 2008.– С. 312-313.
  7. Котов С.С., Шарыбин И.Д. Алгоритм проектирования учебных планов образовательных программ на основе компетентного подхода // Материалы VII всероссийского научно-практического семинара «Автоматизированные системы управления учебным процессом в образовании: опыт, решения, возможности» (10-12 ноября 2008г., г. Шахты). – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008.– С. 39-42.
  8. Котов С.С. Модель управления учебными планами образовательных программ на основе компетентного подхода // Сборник трудов 5-ой Всероссийской школы-семинара молодых ученых «Управление большими системами» (Россия, г. Липецк, 12-13 ноября 2008 г.). Т.1. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2008. – С.218-224.
  9. Котов С.С., Столбов В.Ю. Управление структурой образовательных программ на основе компетентного подхода с учетом требований инновационной экономики // Материалы XXXVI Международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании и бизнесе» (Украина, Гурзуф, май 2009 г.), 2009. – С.239-241.
  10. Котов С.С. Управление структурой образовательных программ на основе компетентного подхода // Сборник трудов VI Всероссийской школы-семинара молодых ученых "Управление большими системами". Т1.– Ижевск: Изд-во УГУ, 2009. – С. 214-220.
  11. Котов С.С. Проектирование компетентно-ориентированных образовательных программ с учетом интересов различных социальных групп // Материалы III Российско-Китайской конференции "Двухстороннее научно-образовательное сотрудничество вузов России и Китая". Ч.2.– М.: Изд-во МИСиС, 2009. – С. 21- 29.
  12. Котов С.С. Автоматизация процесса проектирования учебных планов образовательных программ нового поколения // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования». Т.2.–М.: Изд-во МИСиС, 2010.– С. 284-289.
  13. Котов С.С. Эвристические алгоритмы формирования и оценки оптимальности учебного плана // Материалы VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». Т.1.– Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.– С.294-299.

---

Подписано в печать 8.09.2010. Формат 60×90/16.  
Усл. печ. л. 1,00. Тираж 120 экз.  
Заказ № 1359/2010.

---

Издательство  
Пермского государственного технического университета  
614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к.113  
тел. (342) 219-80-33