

*На правах рукописи*



**ВЛАСЕНКО Алексей Александрович**

**Разработка адаптивной системы дистанционного обучения  
в сфере информационных технологий**

Специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Воронеж 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»)

Научный руководитель      доктор физико-математических наук, профессор  
**Шашкин Александр Иванович**

Официальные оппоненты: **Кострова Вера Николаевна**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», кафедра систем автоматизированного проектирования и информационных систем, профессор

**Смоленцева Татьяна Евгеньевна**, кандидат технических наук, ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», кафедра информатики, доцент

Ведущая организация:      ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

Защита состоится «25» декабря 2014 г. в 13<sup>30</sup> в аудитории 226 на заседании диссертационного совета Д.212.038.24 при ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» по адресу: 394006, г. Воронеж, Университетская пл., 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» и на сайте <http://www.science.vsu.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» ноября 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Воронина И.Е.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Сферу информационных технологий можно охарактеризовать как быстро меняющуюся предметную область, что обуславливает активное внедрение современных образовательных технологий при подготовке высококвалифицированных ИТ-специалистов. К таким технологиям, в частности, относятся дистанционные образовательные технологии и электронное обучение. Реализация данных подходов осуществляется на основе функционирования «электронной информационно-образовательной среды, включающей в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств, обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места их нахождения» (Закон «Об образовании» от 29.12.12, п.2.3). Дистанционные образовательные технологии могут быть реализованы не только на базе учреждений высшего профессионального образования, но и для получения дополнительного образования или повышения квалификации на предприятиях ИТ-сферы, что успешно делается такими известными компаниями, как Microsoft, CISCO Network, Intel, которые предоставляют возможность получения международных сертификатов, подтверждающих знания в любой стране мира.

В настоящее время проблемой дистанционного обучения занимается большое количество ученых. К наиболее известным зарубежным исследователям относятся Ф. Миллер (разработка методологических основ, в том числе, этапов построения процесса удаленного обучения), П. Брусилковский (разработка систем дистанционного обучения, создание модели обучающегося для адаптивной системы обучения). Проблемой дистанционного обучения, в том числе, в области информационных технологий активно занимается В.А. Сухомлин, который указывает на необходимость профессионально-ориентированной подготовки специалистов ИТ-сферы. Предложенные им модели позволяют сформировать основные траектории ИТ-образования.

К преимуществам дистанционного обучения, прежде всего, относятся технологичность образовательного процесса и индивидуальный характер обучения, поэтому одной из актуальных проблем является развитие такого свойства систем дистанционного образования, как адаптивность, под которым понимается способность системы подстраиваться под индивидуальные особенности каждого обучающегося. Это позволит в большей степени учитывать цели обучающихся и потребности ИТ-сферы, проводить обучение в соответствии с индивидуальной образовательной траекторией, оперативно реагировать на динамику изменения содержания предметной области путем обновления учебного контента.

Диссертационная работа выполнена в рамках одного из основных научных направлений Воронежского государственного университета «Математическое моделирование, программное и информационное обеспечение, методы

вычислительной и прикладной математики и их применение к фундаментальным исследованиям в естественных науках».

**Цели и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является разработка структуры и алгоритмического обеспечения адаптивной системы дистанционного обучения (АСДО) в сфере информационных технологий с использованием компетентностного подхода.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие основные задачи:

1) анализ существующих методов реализации адаптивного подхода в дистанционном обучении, определение требований к разрабатываемой системе на основании действующих стандартов;

2) разработка структуры адаптивной системы дистанционного обучения в сфере информационных технологий;

3) разработка моделей и методов адаптации на уровне планирования учебного процесса;

4) разработка программного обеспечения, реализующего адаптивную систему дистанционного обучения.

**Методы исследования.** Теоретическая часть работы построена на исследовании процессов создания, накопления и обработки информации. Научные результаты получены с использованием методов системного анализа и математического моделирования, теории принятия решений, теории оптимизации, теории графов, сетевого планирования и управления.

**Основные результаты, выносимые на защиту и их научная новизна:**

1) разработана структура АСДО, отличающаяся наличием блока коррекции учебного плана, который позволяет на основе модели обучающегося осуществлять динамическое изменение индивидуального учебного плана на любом этапе обучения;

2) впервые предложены количественные характеристики учебных дисциплин (эффективность, вес, коэффициенты согласованности и рассогласованности интересов обучающегося и требований рынка труда), учитывающие реализуемые ими компетенции и обеспечивающие максимальную адаптацию учебного процесса при проектировании учебного плана;

3) предложен комплекс компонентов оптимизационной модели, включающий ограничения на коэффициенты согласованности, технологические и стратегические ограничения, а также различные варианты целевых функций, особенностью которого является многоальтернативный подход к разработке оптимального учебного плана, адаптированного к обучающемуся;

4) предложен двухэтапный алгоритм формирования учебного плана, включающего совокупность дисциплин, покрывающих заданный набор компетенций, отличительной особенностью которого является эвристическая процедура выбора дисциплин, основанная на жадной стратегии;

5) разработан программный комплекс, реализующий предложенные в работе методы организации учебного процесса, отличающийся особой струк-

турной организацией компонентов, позволяющих в интерактивном режиме изменять модель обучаемого и корректировать учебный план.

**Область исследования.** Диссертационная работа соответствует п. 9. «Разработка новых интернет-технологий, включая средства поиска, анализа и фильтрации информации, средства приобретения знаний и создания онтологии, средства интеллектуализации бизнес-процессов» Паспорта специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

**Практическая значимость работы.** Предложенные в диссертации подходы, модели и алгоритмы были реализованы в форме программного комплекса, который может работать как в автономном режиме, так и в режиме взаимодействия с другими системами дистанционного обучения, поддерживающими стандарт учебного контента SCORM. Программа зарегистрирована в Федеральном реестре программ для ЭВМ, получено свидетельство о регистрации №2014611671 от 6 февраля 2014 года. Эффективность АСДО апробирована в негосударственном образовательном учреждении «Центр рационального природопользования» для обучения инженеров-проектировщиков работе с программными продуктами группы компаний «ЭКО-центр». Апробация системы продемонстрировала повышение качества обучения специалистов в сравнении с классической методикой.

**Апробация работы.** Основные результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на следующих международных и всероссийских конференциях: Международная конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» (Воронеж, 2011); Международная конференция «Инженерия знаний» (Воронеж, 2012); Открытая Российская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации» (Воронеж, 2013), ежегодные научные сессии Воронежского государственного университета.

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 14 научных работах, в том числе 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 86 наименований и приложения. Основная часть работы изложена на 125 страницах текста и содержит 27 рисунков и 6 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, научная новизна и значимость работы, сформулированы цель и задачи исследования.

В **первой** главе рассматриваются существующие системы дистанционного обучения – *IBM Lotus Workplace, Oracle Learning Management, Moodle, Naumen Learning, СДО «ДОЦЕНТ»*, анализируются их преимущества и недостатки. Поскольку дистанционное образование – это комплекс образовательных услуг, предоставляемых с помощью специализированной информационной образовательной среды, то для повышения его продуктивности необходимо постоянное совершенствование этой среды, в том числе, за счет развития

свойств, позволяющих в максимальной степени индивидуализировать процесс обучения. Выделены критерии адаптации учебного процесса к индивидуальным параметрам обучающегося. Также в данной главе представлен обзор международных стандартов формирования учебного контента и систем управления им. Особое внимание уделено стандарту SCORM, который специально разработан для систем дистанционного обучения. Данный стандарт содержит требования к организации учебного материала и позволяет организовать информационную образовательную среду. Сформулированы требования к системе адаптивного дистанционного обучения (АСДО) в сфере информационных технологий на основе анализа действующих образовательных стандартов.

Во **второй** главе предложена структура АСДО (рис. 1), построенная на основе базовых компонентов, используемых в существующих системах дистанционного обучения и учитывающая весь комплекс требований. В АСДО адаптация осуществляется на нескольких уровнях: на уровне планирования учебного процесса, на уровне формирования учебных элементов, на уровне контроля знаний. Особое внимание в диссертации уделено адаптации на уровне планирования учебного процесса.

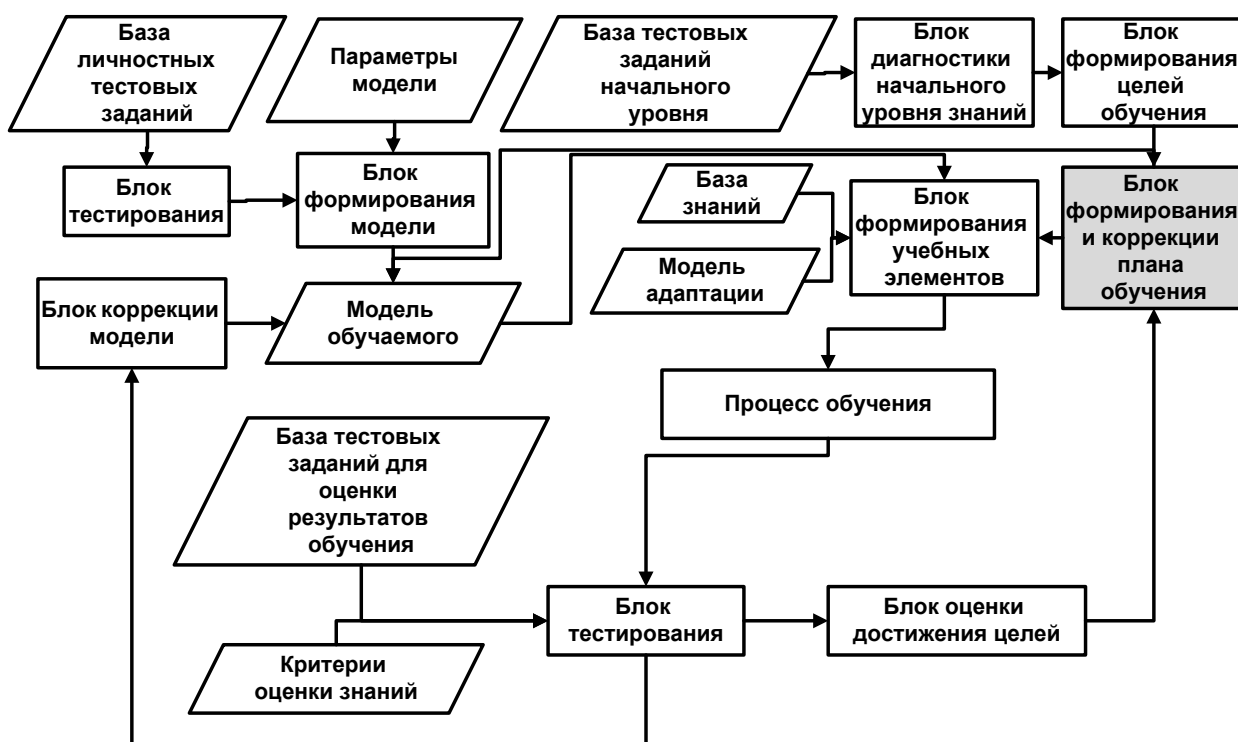


Рис. 1. Структура АСДО

В работе подробно описаны все компоненты системы и обоснован выбор технологий их реализации. С использованием стандарта IDEF0 разработана функциональная модель АСДО, позволяющая определить последовательность протекающих в системе процессов и оценить используемые ими ресурсы. Описана модель взаимодействия информационных процессов АСДО.

Адаптация системы к обучающемуся осуществляется на основе модели обучающегося, предложенной П. Брусиловским, которая помимо стандартных

параметров включает такие параметры, как *степень достижения целей обучения, система предпочтений обучающегося, индивидуальный учебный план* и др. Все параметры делятся на независимые группы, что позволяет оптимизировать процесс взаимодействия системы с моделью, учитывая его итерационный характер.

Адаптация на этапе планирования обучения осуществляется путем составления учебного плана, который, с одной стороны, в максимальной степени удовлетворяет цели и предпочтениям обучающегося, а с другой – обеспечивает подготовку, соответствующую компетентностной модели, а, следовательно, отвечающей требованиям рынка труда. Для решения этой проблемы в диссертации предложена оптимизационная модель для составления индивидуального учебного плана обучающегося. К основным параметрам модели относятся:  $K$  – параметр эффективности;  $C = \{C_1, \dots, C_n\}$  – множество компетенций, которые необходимо «покрыть» включенными в учебный план дисциплинами;  $O_q^{MAX}$  – максимальный объем времени (в часах), отведенного на изучение дисциплин;  $O_{ЗЕТ}^{MAX}$  – максимальный объем учебного плана в зачетных единицах;  $З^{MAX}$  – максимальное количество единиц итогового контроля в виде зачетов;  $Э^{MAX}$  – максимальное количество единиц контроля в виде экзаменов;  $D = \{D_1, \dots, D_k\}$  – множество дисциплин для составления учебного плана,  $Comp(D_i) = \{C_{i_1}, \dots, C_{i_m}\}$  – компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

Дисциплина  $D_i$  представляется кортежем

$$D_i = \langle Ау\delta, ИК, O_{ЗЕТ}, O_q, Comp(D_i) \rangle.$$

Перечисленные параметры учебных дисциплин порождают ряд технологических проблем:

1) количество единиц контроля каждого типа не должно превышать заданные ограничения  $З_{MAX}$  и  $Э_{MAX}$ ;

2) суммарный объем дисциплин, включенных в учебный план, в зачетных единицах (ЗЕТ) не должен превышать заданную максимальную величину  $O_{ЗЕТ}^{MAX}$ ;

3) суммарный объем дисциплин, включенных в учебный план, в часах не должен превышать заданную максимальную величину  $O_q^{MAX}$ .

Обучение предполагает достижение определенных компетенций с учетом описанных ограничений в максимально короткие сроки. Таким образом, задача формирования учебного плана является задачей оптимизации вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m O_{qi} \rightarrow \min, K \rightarrow \max \\ \forall D_j \subset УП \left( \bigcap_{i=1}^m C_i = C \right), \sum_{i=1}^m O_{ЗЕТi} \leq O_{ЗЕТ}^{MAX}, \sum_{i=1}^m O_{qi} \leq O_q^{MAX}, \sum_{i=1}^m Э_i \leq Э^{MAX}, \sum_{i=1}^m З_i \leq З^{MAX}. \end{array} \right.$$

В **третьей** главе предложены методы планирования процесса обучения с учетом адаптации к обучающемуся. Особенностью подхода является выявление

ние компромисса между целями и предпочтениями обучающегося и современными требованиями рынка труда, что для IT-специалистов представляется важным.

Пусть на множестве дисциплин, которые могут быть включены в учебный план, задано отношение предшествования с помощью ориентированного графа  $G_D$ . Данный граф является бесконтурным, а, следовательно, допускает разложение на уровни, что позволяет определить этапы обучения. Каждый путь из вершин верхнего уровня в вершины нижнего уровня соответствует учебному маршруту. Цель адаптации заключается в формировании оптимального для данного обучающегося набора учебных маршрутов.

Предположим, что для каждой дисциплины  $D_i$  известен соответствующий ей набор компетенций  $Comp(D_i) = \{C_{i_1}, \dots, C_{i_m}\}$ , а для каждой компетенции  $C_j$  – набор дисциплин  $Supp(C_j) = \{D_{j_1}, \dots, D_{j_n}\}$ . Если  $C_j \in Comp(D_i)$ , то будем говорить, что дисциплина  $D_i$  покрывает компетенцию  $C_j$ .

Обозначим  $Index(D_i) = \{i_1, \dots, i_m\}$  – множество индексов компетенций, покрываемых дисциплиной  $D_i$ ;  $Index(C_j) = \{j_1, \dots, j_n\}$  – множество индексов дисциплин, покрывающих компетенцию  $C_j$ .

Число  $\tau_j = \frac{n_j}{n}$  ( $j \in Index(C_j)$ ) будем называть коэффициентом покрытия компетенции  $C_j$ . Очевидно, что, чем меньше коэффициент покрытия  $\tau_j$ , тем более значимы для учебного плана дисциплины, которые покрывают данную компетенцию.

Если компетенция  $C_j$  покрывается множеством дисциплин  $Supp(C_j)$ , то величина  $v_i^j = \frac{1}{n_j}$  ( $i \in Index(D_i)$ ) характеризует «вклад» дисциплины  $D_i$  в компетенцию  $C_j$ , а для всех остальных дисциплин  $v_i^j = 0$ . В свою очередь, величина  $V_i = \sum_{j \in Index(D_i)} v_i^j$  есть суммарный вклад дисциплины  $D_i$  во все компетенции, предусмотренные компетентностной моделью. Чем больше  $V_i$ , тем важнее дисциплина  $D_i$  для учебного плана.

Пусть для дисциплины  $D_i$  известно время  $t_i$  ее изучения, тогда эффективностью дисциплины назовем величину  $E_i = \frac{V_i}{t_i}$  ( $i = \overline{1, n}$ ),  $E = \sum_{i=1}^n E_i$  – эффективность учебного плана, включающего набор дисциплин  $D = \{D_1, \dots, D_n\}$ .

Если для дисциплины  $D_i$  задано множество  $Comp(D_i)$ , то  $\lambda_j^i = \frac{1}{m_i}$  ( $j \in Index(C_j)$ ) – значимость компетенции  $C_j$  для дисциплины  $D_i$ ,



причем для  $j \notin \text{Index}(C_j)$  имеет место  $\lambda_j^i = 0$ . Чем больше  $\tau_j$ , тем больше возможностей для оптимизации учебного плана.

Пусть  $m_i$  – количество компетенций, покрываемых данной дисциплиной  $D_i$ , тогда величину  $\mu_i = m_i/m$  можно рассматривать как вес дисциплины  $D_i$ . Если учесть, что в компетенциях заложены требования рынка труда, то чем больше  $\mu_i$ , тем в большей степени дисциплина  $D_i$  важна для получения квалификации. С другой стороны, у каждого обучающегося могут быть свои предпочтения, связанные с выбором дисциплин для обучения. Тогда обучающемуся поставим в соответствие вектор предпочтений  $(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)$ , в котором компонента  $\varepsilon_i$  есть оценка предпочтительности  $i$ -ой дисциплины. Для формирования вектора предпочтений целесообразно использовать широко известный метод парных сравнений, который позволяет учитывать нередко противоречащие друг другу факторы при оценке предпочтительности дисциплин. Методы обработки матрицы парных сравнений зависят от типа калибровки. Один из наиболее известных методов – метод, основанный на вычислении собственного вектора, позволяет определить вектор предпочтений  $(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)$  для конкретного обучающегося. Заметим, что  $\varepsilon_i \in (0, 1]$  и  $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 1$ .

Величины  $\mu_i$  и  $\varepsilon_i$  могут находиться между собой в следующих соотношениях:

а)  $\varepsilon_i \geq \mu_i$  – в данном случае можно говорить о согласованности интересов обучающегося и текущих требований рынка труда,

б)  $\varepsilon_i < \mu_i$  – данный случай свидетельствует о рассогласованности интересов обучающегося и рынка труда: предпочтения обучающегося являются неактуальными по отношению к рынку труда.

Таким образом, в общем случае может существовать конфликт интересов рынка труда и обучающегося, который может получить интересующие его знания, но они не будут востребованы рынком. Для количественной оценки степени конфликтности предлагается использовать оценки специального вида, которые позволяют оценить «степень расхождения» величин  $\varepsilon_i$  и  $\mu_i$ .

Коэффициентом согласованности интересов обучающегося и требований рынка труда при  $\varepsilon_i \geq \mu_i$  относительно  $i$ -й дисциплины назовем величину

$$K_i^+ = 1 - \frac{\varepsilon_i(1 - \mu_i)}{\mu_i(1 - \varepsilon_i)} \in [0, 1].$$

Коэффициентом рассогласованности интересов обучающегося и требований рынка труда при  $\varepsilon_i < \mu_i$  относительно  $i$ -й дисциплины назовем величину

$$K_i^- = \frac{\mu_i(1 - \varepsilon_i)}{\varepsilon_i(1 - \mu_i)} \in [0, 1].$$

Очевидно, что чем больше  $K_i^+$  и чем меньше  $K_i^-$ , тем лучше. Доопределим величины  $K_i^+$  и  $K_i^-$  следующим образом: если  $\varepsilon_i \geq \mu_i$ , то положить  $K_i^- = 1$  (максимальное значение коэффициента рассогласованности); если  $\varepsilon_i < \mu_i$ , то  $K_i^+ = 0$  (минимальное значение коэффициента согласованности).

В целом по всей совокупности учебных дисциплин можно построить комплексный коэффициент согласованности/рассогласованности интересов обучающегося и требований рынка труда. Для этого целесообразно использовать подходы к агрегированию оценок данного типа. Если выбрано конъюнктивное агрегирование, то комплексная оценка рассогласованности интересов обучающихся и требований рынка труда может быть вычислена по формуле

$$K^- = \frac{M(1-E)}{E(1-M)},$$

где  $M = \prod_{i=1}^n \mu_i$ ,  $E = 1 - \prod_{i=1}^n \varepsilon_i$  – комплексные оценки интересов обучающегося и требований рынка труда, причем можно показать, что  $M > E$ .

Если  $K^+ > K^-$ , то учебный план в целом является согласованным, иначе – несогласованным, т.е. обучающийся в процессе обучения может удовлетворить свои предпочтения, но существует риск, что он не будет востребован на рынке труда. В этом случае адаптивная система должна выдать рекомендации для принятия решения.

Заметим, что для освоения каждой дисциплины отводится определенное количество часов, причем при формировании индивидуальной образовательной траектории время для изучения дисциплины индивидуально и является одним из параметров адаптации.

Дисциплины могут находиться между собой в отношении предшествования, а, следовательно, некоторую дисциплину можно изучать только после того, как будут изучены ей предшествующие. Цель заключается в нахождении совокупности дисциплин, позволяющей, с одной стороны удовлетворить индивидуальные потребности обучающегося, а, с другой, – подготовить высококвалифицированного специалиста для современного рынка труда.

Для построения модели введем следующие переменные:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если дисциплина } i \text{ обеспечивает компетенцию } j, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если дисциплина } i \text{ включается в учебный план,} \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

При составлении модели целесообразно рассматривать следующие группы ограничений:

Ограничения на коэффициенты согласованности/рассогласованности:

а) пусть для каждой дисциплины  $C_i$  известны коэффициент согласованности  $K_i^+$  и коэффициент рассогласованности  $K_i^-$ , а также пороговые значения коэффициентов  $\Delta_i^+$  согласованности и  $\Delta_i^-$  рассогласованности соответственно, тогда потребуем

$$\begin{cases} K_i^+ \geq \Delta_i^+, \\ K_i^- < \Delta_i^-, \end{cases} \text{ для всех } i = \overline{1, n};$$

б) по большинству дисциплин комплексный коэффициент согласованности превышает коэффициент рассогласованности, т.е.  $K^+ > K^-$ , при этом предполагается, что для построения комплексной оценки используются порядковые операторы взвешенного агрегирования;

в) поскольку цель – получить согласованный учебный план, то задав некоторый порог  $\alpha$ , можно потребовать, чтобы  $K^+ \geq \alpha$ ;

г) пусть  $I^+ = \{i: K_i^+ > 0\}$ ,  $I^- = \{i: K_i^- < 1\}$ , тогда ограничение  $|I^+| > |I^-|$  означает, что большинство дисциплин, включаемых в учебный план, являются согласованными.

Технологические ограничения:

а) дисциплины упорядочены отношением предшествования;

б) компетенция  $C_j$  обеспечивается хотя бы одной из дисциплин, т.е.

$$\sum_{i=1}^n y_i x_{ij} > 0 \quad (j = \overline{1, m});$$

в) в учебный план необходимо включать только такие дисциплины, которые соотнесены хотя с одной из компетенций, т.е.  $\sum_{j=1}^m y_j x_{ij} > 0 \quad (i = \overline{1, m});$

г) пусть  $t_i$  – рекомендуемое, например, на основе тестирования время для изучения дисциплины  $D_i$ , тогда  $\sum_{i=1}^n t_i y_i = T_{nl}$ , где  $T_{nl}$  – плановое время для освоения учебного плана;

д) пусть  $z_i$  – количество зачетных единиц, соответствующих дисциплине  $d_i$ , а  $ZET$  – общее количество зачетных единиц, определяемое образовательным стандартом, тогда  $\sum_{i=1}^n z_i y_i = ZET$ ;

Стратегические ограничения:

пусть  $E$  – пороговое значение эффективности учебного плана, тогда целесообразно включить в него такие дисциплины, которые обеспечивают эффективность, не ниже заданного порога, т.е.  $\sum_{i=1}^n v_i y_i \geq E$ .

При проектировании учебного плана критерии оптимальности могут также быть различными:

максимизация весов дисциплин, включаемых в учебный план, т.е.

$$\sum_{i=1}^n \mu_i y_i \rightarrow \max;$$

максимизация (минимизация) комплексного коэффициента согласованности (рассогласованности), т.е.  $K^+ \rightarrow \max$  ( $K^- \rightarrow \min$ );

максимизация эффективности, т.е.  $\sum_{i=1}^n v_i y_i \rightarrow \max$ .

Сформулированные выше компоненты оптимизационной модели для составления индивидуального учебного плана обучающегося могут использоваться в различных комбинациях, а сама модель представляет собой задачу комбинаторной оптимизации, при этом может оказаться необходимым рассматривать сразу несколько целевых функций.

В диссертации предложен двухэтапный алгоритм составления учебного плана, включающего совокупность дисциплин, покрывающих заданный набор компетенций. После вычисления комплексного коэффициента согласованности обучающегося необходимо определиться с тем, удовлетворяет ли его значение этого коэффициента. Для анализа ситуации и принятия решений необходима специальная процедура, которая может быть реализована, например, в виде продукционной системы. После решения проблемы согласования, необходимо перейти к построению учебного плана. Самое важное ограничение на данном этапе – это обеспечить покрытие компетенций набором дисциплин. Для этого строится модель в виде двудольного графа, одна доля которого – дисциплины, относящиеся к вариативной части, а другая – компетенции. Каждой дуге  $(D_i, C_j)$  соответствует вес  $r_{ij} = v_i^j$ , определяющий значимость дисциплины для данной компетенции. На этом этапе задача составления учебного плана представляет собой задачу о назначении в двудольном графе и заключается в поиске оптимального покрытия заданных компетенций. Оптимальным является покрытие, для которого затраты на изучение дисциплин будут минимальны и все компетенции обеспечены на 100%. Суммарная продолжительность учебных дисциплин, включенных в план, не должна превышать максимального времени, отведенного на изучение этих дисциплин. Для решения задачи в такой постановке предлагается использовать метод жадного поиска, который основывается на рассмотрении в первую очередь элементов, имеющих максимальную эффективность. Для решения поставленной задачи необходимо построить матрицу  $M_E$ , строки которой соответствуют дисциплинам, доступным для изучения, в столбцы – компетенциям. Каждый элемент матрицы будет представлять собой вклад дисциплины в компетенцию. Добавим к матрице столбцы с элементами  $E_i$  и коэффициентами согласованности дисциплин  $K_i^+$  для конкретного обучающегося. Для формирования совокупности дисциплин, которые будут включены в учебный план, предлагается следующая эвристическая процедура:

1) Определить набор компетенций  $C$  и дисциплин  $D$ , которые, по мнению экспертов, покрывают этот набор.

2) Построить описанную выше таблицу с элементами  $v_i^j, E_i, K_i^+$ .

3) Упорядочить строки в таблице по убыванию параметра  $K_i^+$ , а затем по убыванию параметра  $E_i$ , тем самым, будет получен список для просмотра дисциплин.

4) Просмотр дисциплин в списке: если дисциплина имеет предшествующую дисциплину, то переходим к шагу 5, иначе – к шагу 6.

5) Проверка: изучал ли обучающийся предшествующую дисциплину. Если данная дисциплина не изучалась, то она добавляется в учебный план.

6) Добавить текущую дисциплину в учебный план.

7) Проверить степень покрытия каждой компетенции. Если все компетенции покрыты, переходим к шагу 9, иначе к шагу 8.

8) Если не все дисциплины просмотрены, то переходим к следующей дисциплине и далее на шаг 4, иначе построение учебного плана невозможно – выход.

9) Анализ сформированного учебного плана.

Для составления календарного плана обучения в диссертации предложено использовать методы сетевого планирования. Сетевая модель представляет собой ориентированный граф, в котором дисциплинам соответствуют дуги, а вершины – это события, определяющие начало или окончание изучения дисциплин. Начальная вершина соответствует началу обучения, а конечная – итоговому контролю знаний или окончанию обучения.

Дугам-дисциплинам ставятся в соответствие следующие параметры:  $T_{\min}$  – минимальное время, необходимое для изучения данной дисциплины;  $T_{\max}$  – максимальное время, отведенное на изучение данной дисциплины;  $T_p$  – время, используемое в расчетах сетевой модели и зависящее от предпочтений обучающегося. Именно данный параметр позволяет обеспечить индивидуальный характер обучения в адаптивной системе, поскольку обучающийся имеет возможность определить приоритетные дисциплины и уделить им больше времени, в свою очередь, сократив время на изучение несущественных для него дисциплин. Главным условием выбора параметра  $T_p$  является  $T_{\min} \leq T_p \leq T_{\max}$ . Формирование календарного плана осуществляется на основе определения временных параметров сетевой модели (ранние и поздние времена наступления каждого события, критическое время, резервы времени для изучения каждой дисциплины). Критическое время определяет то время, которое необходимо для обучения в соответствии с разработанным учебным планом. Особенностью применения сетевой модели к планированию учебного процесса является введение таких операций, которые соответствуют контролю знаний (экзамены, зачеты). Линейная диаграмма, дополняющая сетевую модель, позволяет в каждый момент времени определить, изучением каких дисциплин занимается обучающийся.

В четвертой главе предложена структура программного комплекса (рис. 2) для адаптивной системы дистанционного обучения.

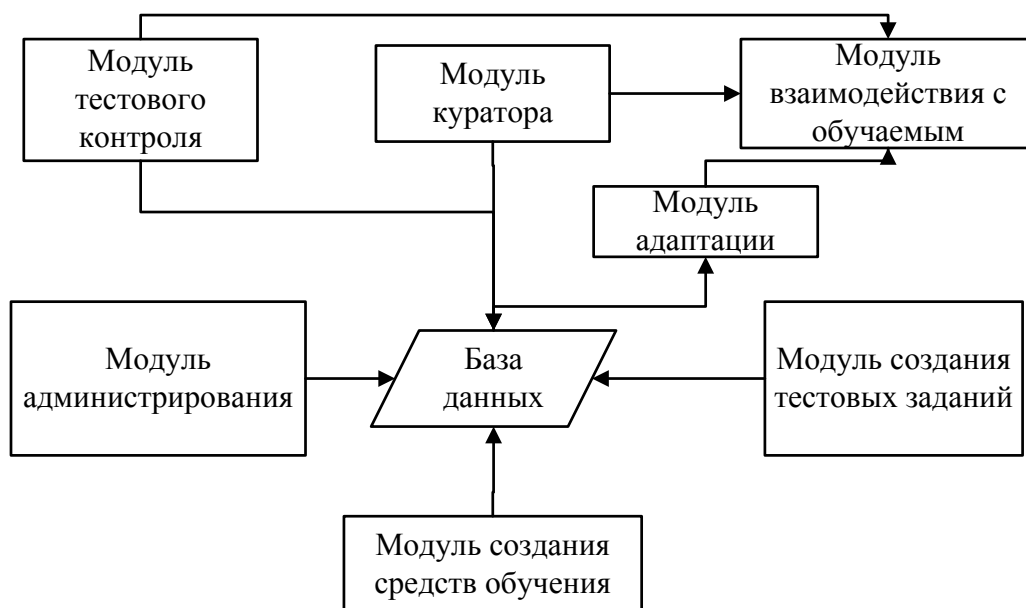


Рис. 2. Структура программного комплекса

Программный комплекс реализован на языке Microsoft Visual C#. В качестве технологии реализации клиент-серверной архитектуры выбрана технология ASP.Net MVC. В качестве СУБД выбрана Microsoft SQL Server 2012. В диссертации предложена структура базы данных, подробно описаны поля и типы данных, а так же связи между таблицами (рис. 3).

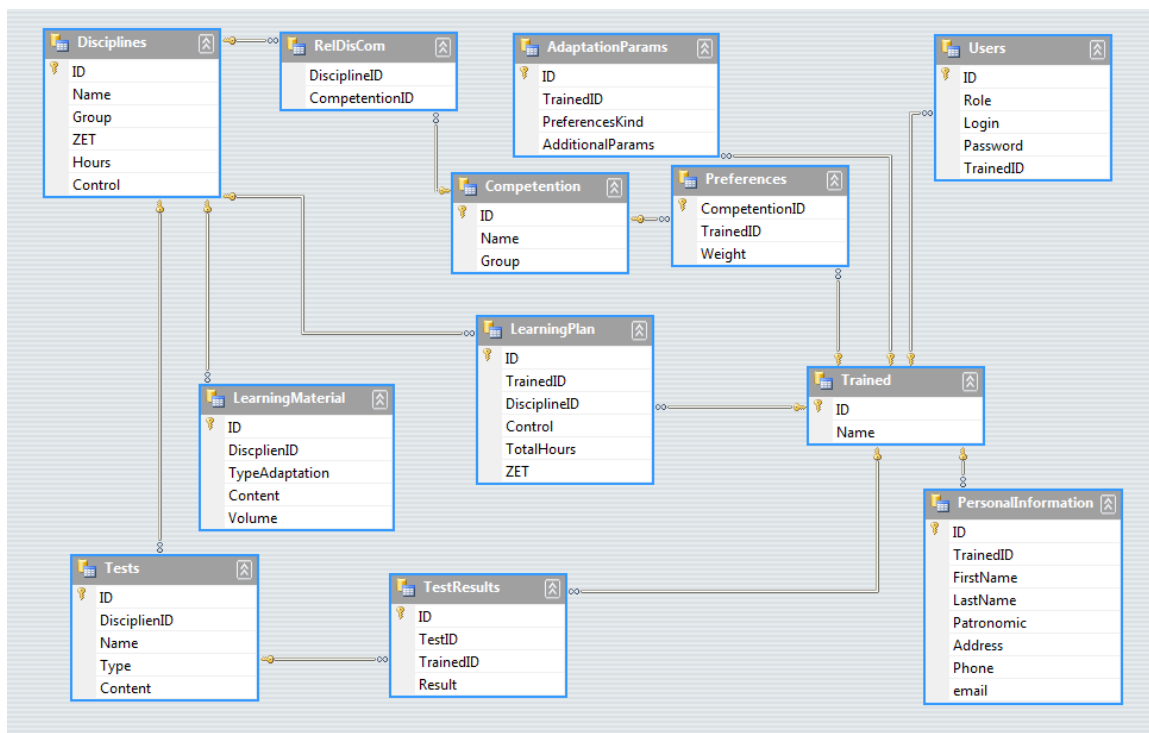


Рис. 3. Структура базы данных АСДО

Для всех блоков программного комплекса разработан визуальный интерфейс. В блоках формирования учебного материала и тестовых заданий применены современные возможности тексто-графических редакторов.

К основным особенностям программного комплекса относятся следующие: наличие разделенных ролей пользователей для управления учебным процессом; наличие всех необходимых модулей для создания и управления учебным и тестовым контентом; наличие средств экспорта/импорта данных в формате SCORM, что позволяет производить быстрое обновление данных, а также обмен контентом с другими SCORM-совместимыми системами обучения; наличие распределенной базы данных с использованием SQL-сервера, которая позволяет неограниченно расширять возможности параллельного доступа к данным без потери скорости обработки запросов; использование технологий web-разработки, не требующих дополнительного программного обеспечения.

В **заключении** излагаются основные результаты диссертации.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Проведен анализ существующих систем дистанционного обучения и действующих стандартов, сформулированы требования к разрабатываемой системе.

2. Предложена структура адаптивной системы дистанционного обучения в сфере информационных технологий, описаны все компоненты данной системы и определены информационные процессы, протекающие в ней.

3. Реализован многоальтернативный подход к формированию оптимального учебного плана, адаптированного к интересам конкретного обучающегося и позволяющий учитывать требования рынка труда к ИТ-специалистам.

4. Предложен подход к коррекции учебного плана с использованием методов сетевого планирования.

5. Разработан программный комплекс, реализующий АСДО, который поддерживает стандарт учебного контента SCORM, позволяющий производить быстрое обновление учебного контента.

## **Публикации по теме диссертации**

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Власенко А.А. Разработка структуры адаптивной системы обучения // Вестник Воронежского Государственного технического университета. – 2011. – № 6.– С. 50–52.

2. Власенко А.А. Разработка алгоритма построения учебного плана в рамках адаптивной системы дистанционного образования / А.А. Власенко, А.И. Шашкин // Вестник Воронежского Государственного университета, серия: системный анализ и информационные технологии. – 2014. – № 1.– С. 107–114.

### Зарегистрированные программы

3. Власенко А.А. Адаптивная система дистанционного обучения в сфере информационных технологий // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2014611671 от 6 февраля 2014 года.

### Статьи и материалы конференций

4. Власенко А.А. Методы и технологии дистанционного обучения / А.А. Власенко, Д.Е. Пачевский // Перспективные средства мультимедиа в образовательном процессе: материалы науч. конф. – Воронеж: ВГТУ. – 2008.– С. 88–99.

5. Власенко А.А. Обзор систем дистанционного образования / А.А. Власенко, Д.С. Орлов // 49 Региональная науч. конф. профессорско-преподавательского состава, научных работников, аспирантов и студентов: материалы науч. конф. – Воронеж: ВГТУ. – 2009.– С. 67–69.

6. Власенко А.А. Система отображения учебных материалов в стандарте SCORM / А.А. Власенко, Д.В. Быков // Автоматизация технической подготовки производства в едином информационном пространстве машиностроительного предприятия: Материалы регионального науч. семинара. – Воронеж: ВГТУ. – 2009.– С. 105–106.

7. Власенко А.А. Итерационный подход к образовательному процессу в адаптивной обучающей системе // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: материалы Междунар. научн. конф. – Воронеж: ВГУ. – 2011.– С. 175–177.

8. Власенко А.А. Использование технологии тестирования для оценки качества обучения в адаптивной обучающей системе // Новые технологии в образовании. – Воронеж. – 2012. – № 1.– С. 24–28.

9. Власенко А.А. Разработка математической модели учебного плана в интеллектуальной обучающей системе // Инженерия знаний. Представление знаний: состояние и перспективы: материалы Междунар. научн. конф. – Воронеж: ВИВТ. – 2012.– С. 201–204.

10. Власенко А.А. Модель обучающегося в адаптивной системе обучения // Междунар. науч.-исследовательский журнал. – Екатеринбург. – 2012. – № 5.– С. 81–83.

11. Власенко А.А. Разработка адаптивной системы дистанционного образования в сфере информационных технологий // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: материалы одиннадцатой открытой Всерос. конф. Воронеж: ВГУ. – 2013.– С. 165–167.

12. Власенко А.А. Выбор модели построения учебного процесса в адаптивной системе дистанционного обучения // Теоретические и практические аспекты развития современной науки: материалы IX Междунар. научн. конф. – Москва. – 2013.– С. 19–22.

13. Власенко А.А. Целевая функция поиска оптимального учебного плана в адаптивной системе дистанционного обучения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Москва. – 2013. – № 10. – С. 30 -32.