

УДК 621.3

Ю. С. КАБАЛЬНОВ, Т. В. МИКОВА, С. В. ТАРХОВ

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Представлены модели структурных решений и алгоритмы управления организационной поддержкой обучения в образовательных системах на базе использования сетевых информационно-обучающих сред. Предложены подходы, позволяющие осуществить рациональное планирование процесса обучения на базе построения логических моделей учебных планов, и экономический анализ комплекта учебных планов. Приведены структурные модели учебной программы и информационного наполнения учебного курса. Предложены подходы к структурному и семантическому анализу комплекта организационных документов и оценки качества учебного материала. *Планирование процесса обучения; организационная поддержка обучения; учебные планы; рабочие программы; информационно-обучающие среды; образовательные системы; дистанционное обучение; оценка качества обучения*

ВВЕДЕНИЕ

Использование современных телекоммуникационных технологий компьютерного обучения, в том числе технологий дистанционного обучения (ДО) [1], позволяющих учащемуся самостоятельно осваивать учебный материал, вызывает необходимость пересмотра подходов к подготовке и проведению учебного процесса. Вследствие значительного усиления доли индивидуальной учебной компоненты по сравнению с традиционным обучением появляется возможность формировать для учащегося индивидуальную образовательную траекторию, как это делается в образовательных системах целевого обучения (ОСЦО), как то: переподготовка кадров, курсы повышения квалификации и др.

Образовательные системы целевого и дистанционного обучения (СЦДО), базирующиеся на широком использовании современных телекоммуникационных технологий, включают в себя следующие основные компоненты: организационно-управляющую, информационно-телекоммуникационную, учебно-методическую и программно-аппаратную.

В данной работе, в плане дальнейшего совершенствования развития СЦДО, будет рассмотрена организационно-управляющая компонента, в частности та ее часть, которая обеспечивает подготовку учебных планов и рабочих программ, поскольку с ее помощью удастся в значительной мере решить про-

блемы повышения эффективности и качества учебного процесса. На наш взгляд, наиболее значимыми направлениями совершенствования управления образовательной системой на этапе организационной подготовки учебного процесса являются: разработка логических моделей учебных планов, их структурный анализ и реализация алгоритмов их формирования; разработка структурной модели рабочих программ, их структурный и семантический анализ во взаимосвязи с учебными планами; оценка эффективности разработанных учебных планов и рабочих программ.

В настоящее время известен ряд работ [2, 3] посвященных вопросам формирования учебных планов. Однако в этих работах в основном рассматриваются проблемы, характерные для образовательных систем, реализующих традиционные виды обучения. При этом не учитываются такие особенности образовательных СЦДО, как большая вариативность целей обучения и уровней начальной подготовки обучаемых, необходимость рационального использования ресурсов образовательных систем, вызванная преимущественно коммерческим характером деятельности данных систем. Общим недостатком известных способов организационной поддержки обучения является отсутствие комплексного подхода, позволяющего обеспечить организационную подготовку учебного процесса на всех основных стадиях, начиная с формирования

учебного плана и рабочих программ и завершая разработкой и анализом структуры необходимого учебно-методического материала.

Целью настоящей работы является разработка моделей, структурных решений и алгоритмов формирования и анализа учебных планов, рабочих программ и информационного наполнения учебного курса для систем целевого и дистанционного обучения на базе использования методов математического моделирования, теории графов и ситуационного управления, позволяющих обеспечить повышение эффективности работы СЦДО.

1. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТА УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ОБУЧЕНИЯ

Важным элементом организации учебного процесса в образовательных СЦДО является учебный план, определяющий временную последовательность изучения дисциплин обучения, а также временную структуризацию изучения (количество периодов обучения).

В СЦДО целесообразно применять метод «параллельного» формирования двух и более учебных планов [4], что обеспечивает достижение разных целей обучения с учетом максимально эффективного использования имеющихся в распоряжении образовательной структуры ресурсов (кадровый состав, научно-методические разработки и т. д.). При открытии новых специальностей учебные планы должны разрабатываться с учетом существующих и включаться в общий комплект. При этом не должна возникать необходимость привлечения большого количества дополнительных ресурсов, поскольку от этого зависит величина прибыли и привлекательность, определяющая спрос на образовательные услуги.

При формировании комплекта учебные планы должны подбираться исходя из сравнения включенных в их состав дисциплин d_i и отношений предшествования изучения между совпавшими дисциплинами:

$$K_c = \sum_{i \in \Omega} d_i - \sum_{i \in \mu} d_{i_{пр}} \sum_{i \in \beta} d_{i_{доп}}, \quad (1)$$

где Ω — множество, включающее в себя индексы совпавших дисциплин обучения; μ — множество индексов «проблематичных дисциплин»; β — множество индексов «дополнительных дисциплин» обучения $d_{i_{доп}}$.

Под «проблематичными» понимаются дисциплины, для изучения которых в одном

из сравниваемых планов необходимо дополнительно изучить ряд дисциплин, не предусмотренных в другом плане. Под «дополнительными» понимаются дисциплины, изучение которых предусматривается в первом учебном плане и не предусматривается во втором.

Целесообразность решения задачи анализа можно проиллюстрировать на следующем примере. Предположим, что для СЦДО возникла задача организовать учебный процесс, обеспечивающий максимально эффективное использование имеющихся в распоряжении данной образовательной структуры ресурсов. Для этого необходимо осуществить сравнение логических моделей учебных планов с целью выбора наиболее близких, из которых возможно сформировать оптимальный, в плане использования ресурсов образовательного учреждения, комплект учебных планов. Для выбора оптимальной специальности обучения из двух альтернативных специальностей необходимо представить эти специальности в виде ориентированных графов, т. е. построить логические модели данных учебных планов.

Для решения поставленной задачи сделаем следующие допущения. Во-первых, каждой дисциплине из общего графа специальностей обучения и графа одной из двух альтернативных специальностей обучения присвоим соответствующие коды, отражающие семантику (содержание) данных дисциплин и весовые коэффициенты, характеризующие ресурсы, необходимые для изучения данных дисциплин. Суммарное значение ресурсных коэффициентов альтернативных учебных планов не должно превосходить возможности образовательной структуры в плане располагаемых ресурсов для организации учебного процесса с учетом новой специальности обучения. Или разница в суммарных значениях ресурсных коэффициентов между имеющимися в наличии ресурсами образовательной структуры и ресурсными затратами на организацию учебного процесса по альтернативным специальностям обучения не должна иметь принципиальных различий. Во-вторых, будем считать, что коды дисциплинам присваиваются в соответствии с семантическим содержанием дисциплин. Так, даже если направления дисциплин совпадают, но им присвоены различные коды, то это свидетельствует о различии в информационном объеме. Если коды дисциплин совпадают, то содержание их не имеет принципиальных отличий, т. е. для их изучения можно вос-

пользоваться тем же преподавательским составом, методическим и программно-аппаратным обеспечением. Следовательно, необходимо сравнить значения кодов вершин графов общего списка специальностей обучения с одной из двух альтернативных специальностей.

В общем виде в терминах теории графов задачу выбора альтернативной специальности с целью формирования оптимального комплекта учебных планов специальностей обучения для конкретной образовательной структуры сформулируем следующим образом.

Имеется конечный полный ориентированный граф всех специальностей обучения $G(V, E)$, где $V = \{v_i\}$, $i = \overline{1, K_v}$ — множество вершин, соответствующих общему числу дисциплин комплекта учебных планов специальностей обучения, $F = \{f_h\}$, $h = \overline{1, K_f}$ — множество кодов для соответствующих вершин, $E = \{e_j(v_m, v_l), v_m, v_l \in V\}$ — $j = \overline{1, K_e}$ — множество ребер, определяющих отношения предшествования изучения дисциплин. Имеется полный конечный ориентированный граф первой альтернативной специальности обучения $A(V_1, E_2)$, где $V_1 = \{v_i\}$, $i = \overline{1, K_{v_1}}$ — множество вершин, соответствующих общему числу дисциплин альтернативного учебного плана, $F_1 = \{f_h\}$, $h = \overline{1, K_{f_1}}$ — множество кодов для соответствующих вершин, $E_1 = \{e_j(v_m, v_l), v_m, v_l \in V_1\}$ — $j = \overline{1, K_{e_1}}$ — множество ребер, определяющих отношения предшествования изучения дисциплин. Необходимо осуществить сравнение вершин графа G и A по соответствующим каждой вершине графов кодам.

На рис. 1 логические модели альтернативных учебных планов представлены в виде ориентированных графов. Рассмотрим пример, представив учебный комплект конкретной образовательной структуры, состоящий из трех специальностей обучения, в виде ориентированного графа (рис. 1, а). Связи, указанные между некоторыми дисциплинами, определяют последовательность изучения этих дисциплин. Выделенные подграфы представляют собой учебные планы соответствующих специальностей обучения.

На первом этапе (рис. 1, б) попарное сравнение графов осуществляется путем определения вершин с одинаковыми кодами. Количество совпавших вершин является показателем величины $K_{дс}$. Для примера, значение величины $K_{дс}$, характеризующей степень сходства учебных планов по содержанию информации (семантики), равно 7 (количество вер-

шин с одинаковыми кодами). На втором этапе необходимо в сравниваемых графах выделить подграфы с учетом совпавших вершин и пронумеровать дуги, связывающие эти вершины. Задачей третьего этапа является определение значения величины $K_{пд} \cdot z_{пр}$, определяющей различия в отношениях предшествования между совпавшими кодами дисциплин. Для реализации данного этапа необходимо построить матрицу инцидентий каждого подграфа.

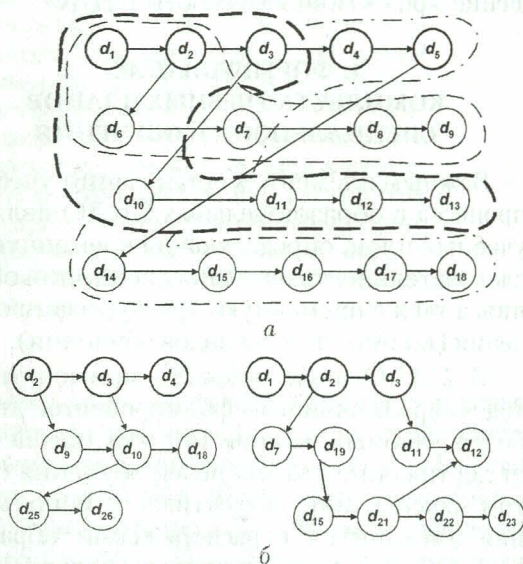


Рис. 1. Граф G комплекта учебных планов специальностей обучения

В общем виде в терминах теории графов задачу определения сходных дуг подграфов, т. е. нахождение, можно сформулировать следующим образом.

Пусть в графе G выделен подграф G^* с 7-ю совпавшими вершинами и 6-ю дугами и в графе A подграф A^* с 7-ю совпавшими вершинами и 7-ю дугами. Необходимо построить матрицы инцидентий $B = [b_{ij}]$ подграфа G^* и подграфа A^* , размерности 7×6 и 7×7 соответственно, определяемые следующим образом: $b_{ij} = 1$, если x_i является начальной вершиной дуги a_j ; $b_{ij} = -1$, если x_i является конечной вершиной дуги a_j . Аналогично строится матрица для подграфа G^* и подграфа A^* . В результате анализа соответствующих ячеек матрицы подграфов G^* и A^* получим число 7 — общее количество совпавших ячеек или K_c . Это число представляет количество совпавших отношений предшествования между общими для подграфов дисциплинами. На основании этого можно сделать вывод о том, что «проблемные дисциплины» в сравниваемых логических моделях учебных планов отсутствуют, т. е. $K_{пд} = 0$. Подставляя полученные

значения в формулу (1), вычисляем коэффициент сходства, равный $K_c = 7 - 0$, $K_c = 7$.

Применив предложенный алгоритм для сравнения учебного плана второй альтернативной специальности с комплектом дисциплин образовательной структуры (сравнение подграфов G^* и B^*), получим следующее значение коэффициента сходства: $K_c = 6 - 0$, $K_c = 0$.

Следовательно, открытие в данной образовательной структуре альтернативной специальности A обучения потребует меньше затрат (за счет параллельного чтения лекций, использования оборудования, компьютеров, программного обеспечения и т. д.) на организацию учебного процесса по новому комплекту учебных планов специальностей обучения.

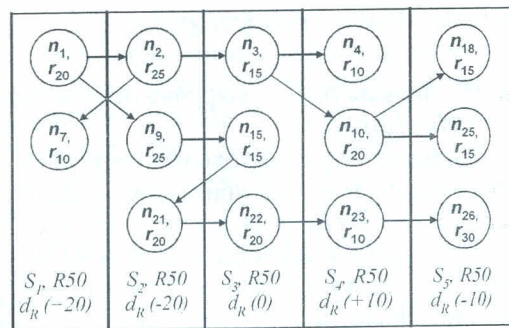
2. ПОСТРОЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКТА УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ

Временная модель комплекта учебных планов специальностей обучения представляет собой последовательность периодов обучения с включенными в них дисциплинами, каждой из которых соответствует определенный вес — доля ресурсных затрат для организации обучения по данной дисциплине или ресурсный коэффициент. Ресурсный коэффициент определяется экспертами и отражает ресурсные затраты (кадровый состав, учебно-методические пособия, аудитории, лаборатории, оргтехника и т. д.) на организацию процесса обучения по конкретной дисциплине. При построении временной модели комплекта учебных планов необходимо учитывать требования к формированию учебного плана каждой специальности обучения, входящей в комплект. Требования должны учитываться таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечивалось качество обучения, с другой, — наиболее эффективное использование имеющихся в распоряжении конкретной образовательной структуры ресурсов.

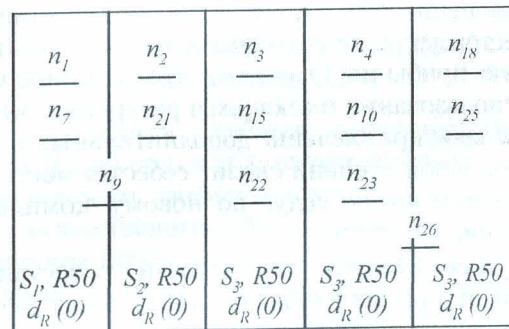
При построении временной модели комплекта учебных планов основными критериями являются отношения предшествования изучения дисциплин, емкость периодов обучения (в часах), их количество, а также ресурсная емкость или ресурсная обеспеченность периодов обучения (в долях от общего показателя ресурсной емкости образовательной системы). Кроме того, важно, помимо равномерности распределения учебной нагрузки для каждого учебного плана учитывать также эффективность использования ресурсов образовательного учреждения. Выпол-

нение данных условий позволяет повысить качество обучения и увеличить количество предоставляемых услуг, что, в свою очередь, при рациональном использовании ресурсов будет способствовать повышению эффективности деятельности СЦДО.

Решение задачи формирования временной модели комплекта учебных планов для целевого обучения с учетом заданного количества и емкости периодов обучения, а также наиболее эффективного использования ресурсов образовательного учреждения может базироваться на представлении ориентированного полного конечного графа логической модели комплекта специальностей обучения в виде интервального хронологически упорядоченного графа временной модели комплекта учебных планов. На основании рассмотренной в предыдущем разделе логической модели комплекта учебных планов (см. рис. 1) сформируем временную модель в виде упорядоченного конечного полного ориентированного графа (рис. 2, а).



а



б

Рис. 2. Временная модель комплекта учебных планов

На рис. 2, б каждой дисциплине присвоен соответствующий код () и ресурсный коэффициент (). Например, если дисциплине присвоен ресурсный коэффициент , то это означает, что для организации процесса обучения по данной дисциплине, необходимо использовать 10 единиц ресурсных затрат. — периоды обучения. —

ресурсный коэффициент, определяющий количество ресурсов (определяется экспертно), которые может предоставить СИДО для организации процесса обучения. Ресурсное отклонение d_R определяется как разница между суммой ресурсных коэффициентов дисциплин, входящих в соответствующий период обучения, и ресурсной емкостью периода обучения. Положительное значение данного коэффициента определяет количество неиспользованных ресурсов, а отрицательное значение определяет превышение ресурсной емкости периода обучения. Ресурсное отклонение должно стремиться к минимуму ($d_R \rightarrow \min$).

Известно, что использование ресурсов определяет затраты на изготовление товаров и услуг, т.е. определяет себестоимость продукции. Эффективность работы и прибыль любого предприятия или организации складывается из разницы между реализацией продукции или услуг и себестоимостью изготовления:

$$P = V - C, \quad (2)$$

где P — прибыль, V — выручка от реализации, C — себестоимость.

Прибыль образовательных структур формируется по тому же принципу. Так, при открытии новой специальности возникает задача определения зависимости прибыли учебного заведения от использования ресурсов при организации учебного процесса по новому комплексу специальностей обучения. Из уравнения (2) следует, что уменьшение себестоимости будет способствовать увеличению прибыли. Очевидно, что рациональное использование имеющихся ресурсов и минимальное привлечение дополнительных в значительной степени снизит себестоимость образовательных услуг по новому комплексу специальностей.

Для анализа зависимости себестоимости от привлечения дополнительных ресурсов воспользуемся методами эконометрии, в частности, регрессионным анализом. Уравнение регрессии позволит формализовать эту зависимость:

$$C = a + bR, \quad (3)$$

где C — себестоимость, a — константа, b — угловой коэффициент, R — коэффициент использования дополнительных ресурсов.

Коэффициент использования дополнительных ресурсов определяется экспертно и

имеет обобщенное значение, которое складывается из различных ресурсов, таких как кадровый потенциал, научно-методические разработки, оргтехника, аудитории и т.д. Для более глубокого анализа зависимости себестоимости от привлечения дополнительных ресурсов можно воспользоваться коэффициентом множественной регрессии. Тогда в общем случае процедуры множественной регрессии будут оценивать параметры линейного уравнения вида

$$C = a + b_1R_1 + b_2R_2 + \dots + b_pR_p. \quad (4)$$

Для наиболее эффективного использования ресурсов СИДО и уменьшения себестоимости предлагается представить временную модель в виде интервальной графовой структуры (рис. 2, б). На данной модели интервалам соответствуют дисциплины обучения, а их расположение на временной прямой — заданным отношениям предшествования.

Применение интервальных графовых структур позволяет учитывать особенности одновременного формирования совокупности учебных планов, обеспечивая эффективное использование ресурсов СИДО.

После того, как логические модели учебных планов специальностей обучения, входящие в комплект учебных планов, определены, необходимо осуществить развертку комплекта учебных планов по периодам обучения. При формировании каждого периода обучения необходимо учитывать последовательность изучения дисциплин, емкость периодов обучения и ресурсную емкость каждого периода обучения. Иначе говоря, необходимо распределить дисциплины по периодам обучения, чтобы: а) выполнялись условия «накладываемые» графом G ; б) удовлетворялись ограничения на емкость периодов обучения; в) удовлетворялись ограничения на количество зачетов и экзаменов в периодах обучения.

Тогда можно предложить следующую постановку задачи формирования оптимального учебного плана для индивидуального обучения: $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, n}$ — общий список дисциплин (множество вершин графа G), n — количество дисциплин или плотность графа G .

Каждая дисциплина имеет следующие характеристики: w_i — вес или количество часов, необходимых для изучения i -й дисциплины; r_i — ресурсный коэффициент, определяющий количество ресурсов для организации процесса обучения по i -й дисциплине; c_i — це-

на или количество баллов, которые вносит i -я дисциплина в показатель итогового контроля, при ограничениях: $e_i = 1$, если дисциплина d_i предусматривает экзамен; $e_i = 0$, если не предусматривает; $z_i = 1$, если дисциплина d_i предусматривает зачет; $z_i = 0$ — иначе.

Пусть $\Xi = [\xi_{ij}]$ — матрица, задающая результирующий, удовлетворяющий всем ограничениям, учебный план, i — номер строки, $i = \overline{1, n}$; j — номер столбца, $j = \overline{1, S}$; S — количество семестров;

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если дисциплина } d_i \\ & \text{вошла в семестр } j, \\ 0 & \text{— иначе;} \end{cases}$$

$A = [a_{ik}]$ — матрица смежности графа G с диагональными элементами, равными 0.

Следующие два условия гарантируют допустимость учебного плана, заданного матрицей Ξ :

$$\sum_{j=1}^S \xi_{ij} = 1 \quad \text{для всех } i = 1, \dots, n; \quad (5)$$

$$L(1 - \xi_{ij}) - \sum_{k=1}^n a_{ik} \xi_{kj} \geq 0$$

$$\text{для всех } i = 1, \dots, n \text{ и } j = 1, \dots, S. \quad (6)$$

Условие (5) обеспечивает вхождение дисциплин в один и только один семестр. В условии (6) L — любое целое число, большее, чем n . Если дисциплина d_i вошла в семестр j (т. е. $\xi_{ij} = 1$), то 1-й член в условии (6) будет равен нулю. Тогда и 2-й член должен быть равен нулю, чтобы выполнялось неравенство, так как числа a_{ik} и ξ_{kj} неотрицательны. Таким образом, условие (6) обеспечивает допустимость учебного плана, т. е., если дисциплина d_i вошла в период обучения j , то нет смежной с d_i вершины, вошедшей в тот же период обучения. Если вершина d_i не вошла в период обучения j (т. е. $\xi_{ij} = 0$), то 1-й член в условии (6) равен L . Поскольку 2-й член в (6) не может достигнуть значения L (его максимальное значение в действительности равно $n - 1$; если дисциплина i не вошла в период обучения j , то максимальное количество дисциплин, которые могут войти в период обучения j , равно $n - 1$), то, какое бы число дисциплин d_k , смежных с дисциплиной d_i , ни вошло в период обучения j , неравенство (6) будет выполняться.

Необходимо максимизировать функцию $\nu = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i c_i$, где $\varepsilon_i = \sum_{j=1}^S \xi_{ij}$, где $i = \overline{1, n}$, т. е.

$\varepsilon_i = 1$, если дисциплина d_i вошла в целевой учебный план, и $\varepsilon_i = 0$, если не вошла при ограничениях (5) и (6).

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} \omega_i \leq Q \quad \text{для всех } j = 1, \dots, S; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} > 1 \quad \text{для всех } j = 1, \dots, S; \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} e_i \leq \max e; \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} z_i \leq \max z. \quad (10)$$

В условии (7) Q — максимальная емкость периодов обучения, определяемая путем умножения максимального количества часов в неделю (\max) на количество недель (week) + 5% от этого произведения. Например, $(21 \text{ час} \times 18 \text{ недель}) + 5\%$. Данное условие обеспечивает, чтобы емкость каждого периода обучения не была превышена больше, чем на определенное в образовательном стандарте отклонение. Условие (8) гарантирует отсутствие пустых периодов обучения. Тем самым гарантируется, что будут использованы все S периодов обучения. В условии (9) $\max e$ — максимально допустимое количество экзаменов в соответствующем периоде обучения. В условии (10) $\max z$ — максимально допустимое количество зачетов в соответствующем периоде обучения.

3. СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Разработка учебных программ систем СИЦО является еще одним важным этапом подготовки учебного процесса, от которого существенным образом зависит достижение его конечных целей: получение знаний, умений и навыков в конкретной предметной области. На основе сформированного учебного плана для всех изучаемых дисциплин разрабатываются рабочие (учебные) программы дисциплин.

Как правило, разработка рабочей программы не вызывает затруднений у опытного методиста-преподавателя. Однако при этом в реальном учебном процессе часто встречается ситуация дублирования одних и тех же разделов учебных дисциплин в разных учебных курсах. Известна и обратная ситуация, когда изучение учебной дисциплины должно быть

основано на определенном разделе другого учебного курса, а этот раздел не был предусмотрен рабочей программой. Приведенные примеры позволяют сделать вывод о необходимости выполнения структурного и семантического анализа комплекта рабочих программ по специальности во взаимосвязи с учебным планом, позволяющего выявить аномалии, заключающиеся в дублировании одних и тех же разделов дисциплин при изучении различных учебных курсов; в отсутствии некоторого раздела в учебной программе дисциплины, предшествующей изучению другой дисциплины, для освоения учебного материала которой этот раздел необходим; в нарушении принципа предшествования при изучении разделов учебных дисциплин, когда они изучаются параллельно.

С целью обеспечения возможности выполнения анализа рабочая программа должна быть структурирована и для каждого раздела должны быть установлены понятия, термины и словосочетания, образующие поисковые образы. Известно, что рабочая программа состоит из ряда разделов. Раздел «Введение», в котором приводится ссылка на образовательный стандарт и выдержка из него, касающаяся требований к основному содержанию данной дисциплины. Раздел «Цели и задачи изучения дисциплины ее место в учебном процессе». Раздел «Содержание дисциплины», в котором устанавливается: структура и объем практикума с распределением часов по видам учебных занятий и виды отчетности; определяется конкретное содержание для каждого вида занятий с указанием нормативного объема изучаемого материала. Раздел «Учебно-методические материалы», в котором указываются основная и дополнительная литература, приводятся методические указания по преподаванию дисциплины.

При использовании компьютерных систем организационной поддержки обучения в образовательных системах целесообразно выполнить структурирование рабочей программы, определив уровни иерархии в соответствии с перечнем разделов рабочей программы. Между разделами устанавливаются связи и определяются ключевые характеристики каждого уровня иерархии. Граф иерархической структуры рабочей программы представлен на рис. 3, где в роли вершин выступают разделы, содержащие семантические единицы, а в роли ребер — смысловые связи. Каждая вершина графа содержит множество семантических единиц, которые отражают информационное наполнение программы.

Первый уровень иерархии — главный уровень (вершина графа (1)) — семантическая единица, содержащая название и реквизиты рабочей программы учебного курса. Второй уровень — уровень задач — содержит аннотацию курса (вершина 2), раскрывающую его назначение и основное содержание; цели (вершина 3); задачи (вершина 4). Третий уровень — уровень ресурсов обучаемого — содержит вершины: базовый (первоначальный) уровень требований к знаниям, умениям и навыкам, необходимый для успешного освоения учебного материала (5), достигаемый в результате изучения курса уровень знаний, умений и навыков (6). Четвертый уровень — организационный — содержит вершины: тематика занятий, определяющая разделы учебного курса (7); объем курса и формы занятий (8). Пятый уровень — содержательный — включает вершины: содержание разделов теоретического курса; содержание практических и лабораторных занятий по курсу; основная и дополнительная учебно-методическая литература по учебному курсу; контрольные примеры и вопросы.

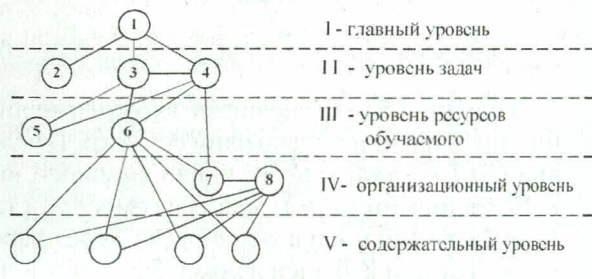


Рис. 3. Граф структуры рабочей программы

С каждой из вершин возможен переход к первой вершине главного уровня (на графе не показаны). Для выполнения семантического анализа может быть использована векторная модель описания документов (Vector Space Model), являющаяся классической моделью в области поиска информации.

Описанная графовая модель позволяет создать единый для автоматизированной системы шаблон рабочих программ учебных курсов с набором стилей и гипертекстовых связей, а также подготовить информацию для внесения в базу данных. Это способствует унификации программ независимо от направлений обучения и учебных курсов и позволяет с минимальными затратами труда и времени осуществлять поиск и анализ имеющихся рабочих программ, а также создавать на осно-

ве имеющегося материала новые рабочие программы.

С позиций системного подхода рабочая программа может также рассматриваться как системное описание модели организации процесса обучения, элементами которого являются тематические разделы изучаемой дисциплины и семантические связи между ними.

Модель структуры рабочей программы должна отражать логические связи между разделами изучаемой дисциплины, что позволит организовать непротиворечивый процесс обучения. Семантический анализ содержания учебного курса, построенного на базе рабочей программы, позволит неформально подтвердить правильность распределения учебных дисциплин в рабочем плане по семестрам, а также установить соответствие содержания рабочей программы и самой учебной дисциплины государственному образовательному стандарту. Для выполнения семантического анализа необходимо определить множества ключевых слов и словосочетаний, характеризующих учебный курс в целом. При этом базовыми документами для семантического анализа будут являться образовательный стандарт, примерные учебные планы и типовые рабочие программы по направлению подготовки специалистов.

Структурный анализ может быть выполнен с использованием известных из теории графов алгоритмов, позволяющих обоснованно распределить по времени изучения отдельные разделы курса для всего периода его изучения, аналогично тому, как это сделано при распределении дисциплин в процессе составления учебного плана.

Примем за элементарный объект рабочей программы учебное занятие, которое можно рассматривать как некоторый информационный блок. Вся рабочая программа в целом состоит из конечного множества таких объектов. Каждый элементарный объект имеет индивидуальные количественные и качественные характеристики: наименование и количество часов, отведенных на его изучение. Кроме того, отдельные объекты рабочей программы могут быть связаны между собой отношениями предшествования. Задачей структурного анализа является определение для каждого объекта рабочей программы временного параметра, определяющего его место в учебном процессе с учетом его связей предшествования с другими объектами. Такой анализ может быть выполнен с использованием тех же

моделей и алгоритмов, которые применялись для учебных планов.

При организации учебного процесса и на основе использования автоматизированных обучающих систем, в частности систем дистанционного обучения, такой подход позволяет обеспечить автоматизированную генерацию учебных курсов на основе формализованных запросов и выборки необходимой в соответствии с рабочей программой учебно-методической информации из базы данных учебно-методических материалов. При этом структурная модель учебного материала (дисциплины в целом, раздела, подраздела и т. д. до более низких уровней детализации) может быть представлена в виде графа, образующего семантическую обучающую сеть. Пример графа семантической обучающей сети представлен на рис. 4, а.

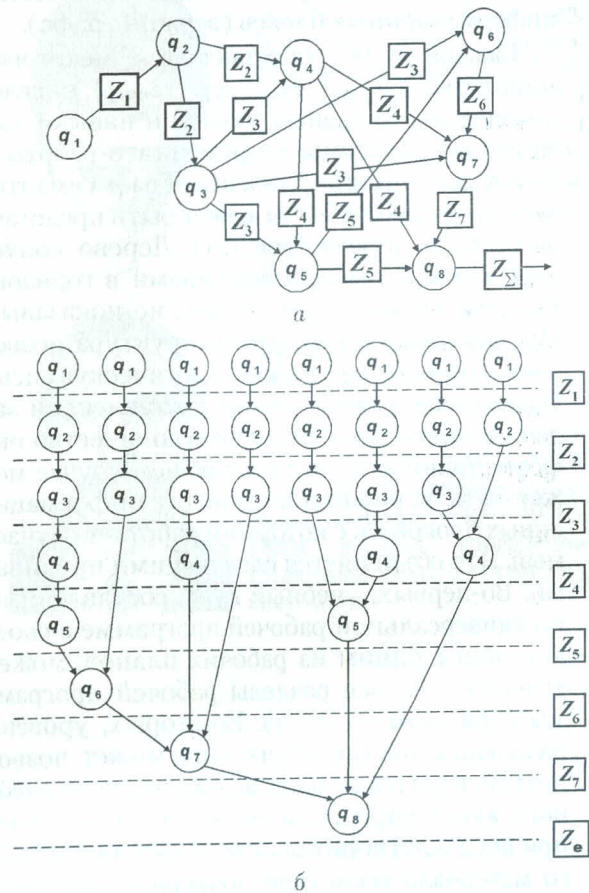


Рис. 4. Граф и дерево семантической обучающей сети

Каждая вершина графа представляет собой некоторый логически заверченный информационный блок, содержащий учебно-методический материал изучаемой дисциплины, а каждая дуга устанавливает семантическую связь этих блоков. Граф семантической

обучающей сети можно представить в виде

$$G = (Q, T, K, \Omega, \Phi), \quad (11)$$

где Q — множество вершин q_i , ($i = 1, n$), соответствующих завершённым информационным блокам; T — множество весов вершин t_i ($i = 1, n$), соответствующих времени планируемой работы обучаемого с информационными блоками; K — множество весов вершин k_i ($i = 1, m$), соответствующих степени сложности учебного материала; Ω — множество направленных дуг, отражающих информационные связи между информационными блоками; Φ — матрица, устанавливающая возможные варианты последовательности работы обучаемого с информационными блоками в многосвязном графе; n — общее количество информационных блоков (вершин графа).

Каждой дуге сопоставляется некоторое множество $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_{n-1}\}$, определяющее новые знания, умения и навыки, полученные обучаемым в результате работы с информационными блоками. Граф семантической обучающей сети может быть представлен в виде дерева (рис. 4, б). Дерево допускает переходы между вершинами в горизонтальном направлении (на рис. не показаны). Предлагаемая древовидная структура позволяет наглядно представить логическую цепь (траекторию) движения от поставленной задачи к конечной цели. Общее количество информационных блоков n в общем случае может быть не равно и количеству информационных блоков m , с которыми работает обучаемый. Это объясняется следующими причинами. Во-первых, учебный курс, составленный по универсальной рабочей программе в соответствии с одним из рабочих планов, может содержать не все разделы рабочей программы (при этом $m < n$). Во-вторых, уровень начальных знаний обучаемого может позволить не изучать известные ему разделы учебного курса (при этом $m < n$). В-третьих, при неудовлетворительном усвоении учебного материала возможно повторное изучение одних и тех же информационных блоков (при этом m может оказаться больше n).

Имея граф учебной семантической обучающей сети G и фактические среднестатистические данные работы обучаемых с информационными блоками, можно выполнить оценку качества рабочей программы и учебно-методического материала, представленного в автоматизированной системе обучения

для освоения учебной дисциплины

$$P = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n t_{i\text{план}}}{\sum_{i=1}^n t_{i\text{факт}}} \quad \text{для } i \in \Phi. \quad (12)$$

Очевидно, что качество учебного материала, отражающего содержание учебной программы, будет тем выше, чем ближе к нулю будет значение P .

Предложенный подход к анализу содержания рабочих программ позволяет повысить качество учебного процесса на уровне его организационной подготовки.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

Рассмотренные в статье подходы к созданию комплекта учебных планов специальностей обучения использованы при разработке программного обеспечения автоматизированной системы «Комплект». Автоматизированная система «Комплект» реализована с помощью инструментального средства «C++ Builder 5.0» и функционирует в операционной системе Windows 2000. С помощью данного программного обеспечения был сформирован комплект учебных планов направления «Менеджмент» Регионального межотраслевого центра повышения квалификации при Уфимском государственном авиационном техническом университете. Сравнение его с существующим комплектом учебных планов показало следующие преимущества. При существующих нормах времени на формирование комплекта учебных планов данного направления, включающего в себя 4 специальности обучения, отводилось 60 час. Использование предлагаемого подхода и программного обеспечения позволило составить комплект учебных планов за 20 час, причем процесс автоматизированного получения вариантов плана составил 10 мин. Также удалось уменьшить на 30% перечень (номенклатуру) читаемых дисциплин в рамках данного направления за счет унификации дисциплин обучения, осуществляемый с помощью критерия близости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложены методы для решения задачи повышения качества обучения и эффективности работы современных образовательных систем. Предложенные алгоритмы формирования временной модели комплекта

учебных планов в виде интервального хронологически упорядоченного графа позволяют учитывать как дидактические требования к качеству учебных планов, так и требования к рациональному использованию ресурсов образовательного учреждения. Кроме того, предлагаемые способы разработки учебных программ курсов определяют семантические аспекты обучения. В дальнейшем для разработки рабочих программ и учебных курсов планируется на основе реализации алгоритмов семантического анализа выполнять автоматизированный поиск актуальной учебно-методической информации в Internet с последующей ее переработкой и включением в базу учебно-методических материалов сетевой информационно-обучающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андреев А. А.** Введение в дистанционное обучение: Учеб.-методич. пособие. М.: ВУ, 1997. 85 с.
2. **Баранов С. И.** Синтез микропрограммных автоматов (граф-схемы и автоматы) Л.: Энергия, 1979. 179 с.
3. **Бершадский А. М., Кревский И. Г.** Дистанционное образование на базе новых информационных технологий: Учеб. пособие. Пенза: ПГУ, 1997. 134 с.
4. **Разработка и оптимизация модели урока для системы довузовского дистанционного образования / Ю. С. Кабальнов, Н. М. Дубинин, С. В. Тархов и др.; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 2001. 20 с. Деп. в ВИНТИ 12.03.01 № 628-В2001.**
5. **Лобачев С. Л., Солдаткин В. И.** Дистанционные образовательные технологии: информационный аспект. М.: МЭСИ, 1998. 160 с.
6. **Полат Е. С., Моисеева М. В., Петров А. Е. и др.** Дистанционное обучение М.: ВЛАДОС, 1999. 192 с.

7. **Lotnik Y. S., Tarkhov S. V., Tarkhova L. M.** Organization and implementation of distant education support systems problems // Proc. of 2nd Int. Workshop on Computer Science and Information Technologies. Ufa, 2000. V. 2. P. 154-156.

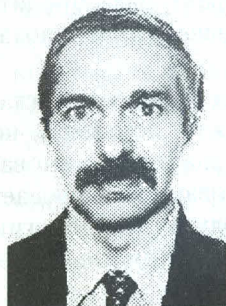
ОБ АВТОРАХ



Кабальнов Юрий Степанович, профессор, зав. кафедрой информатики УГАТУ. Дипл. инженер электронной техники (УАИ, 1971), д-р техн. наук по управлению в технических системах (УГАТУ, 1993). Исследования в области адаптивного и интеллектуального управления сложными объектами.



Микова Татьяна Вячеславовна, ст. преп. той же каф. Дипл. инж. в обл. информ. систем в экономике (УГАТУ, 1999). Канд. техн. наук по управлению в социальн. и экономич. системах (УГАТУ, 2003). Исследования в обл. планирования учебного процесса в образовательных системах.



Тархов Сергей Владимирович, докторант, доц. той же кафедры. Дипл. инж. по технологии машиностроения (УАИ, 1980). Канд. техн. наук по тепловым двигателям ЛА (УГАТУ, 1988). Иссл. в обл. управления сложными техн. и организац. системами.