И.Р. Высоцкий, Е.В. Улитина

Инструментарий формализации индивидуальных образовательных траекторий

В статье рассмотрены вопросы и предложен математический аппарат для решения задач автоматизации проектирования и последующего контроля индивидуальной образовательной траектории обучения студента по программе высшего профессионального образования в распределенной среде. Необходимость разработки обусловлена переходом к системе зачетных единиц в рамках Болонского процесса, динамичностью современной образовательной среды и обеспечением тесного взаимодействия с обучаемым на всех стадиях обучения в гетерогенных распределенных образовательных пространствах.

Формирование образовательных программ и учебных планов

В рамках создания системы управления образовательным процессом на основе зачетных единиц (кредитов), существует необходимость разработки методики автоматизации проектирования, контроля исполнения и анализа результатов индивидуальных образовательных траекторий[1]. Необходимость в указанной методике вызвана следующими факторами:

- основой формирования системы обучения являются учебные программы и разрабатываемые на их основе учебные планы;
- базовая технология контроля учебного процесса, осуществляемого на основе учебных планов, — рабочие учебные планы;
- учет выполнения учебных планов строится на основе системы зачетных единиц;
- образовательный процесс реализуется в среде с множеством форм обучения (очная форма, дистанционное обучение, применение информационных порталов в качестве систем доступа к информации и контроля знаний обучаемых и т. д.);
- обучаемый может выбирать одну или несколько (что, в последнее время становится частым явлением) учебных программ;
- для каждого обучаемого допускается создание индивидуальной учебной программы (образовательной траектории);
- после формирования индивидуальной образовательной траектории допустимы ее корректировки и уточнения, т. е. необходимо учитывать возможности их динамического формирования и изменения;
- необходимы технологии управления персоналом (сотрудниками) и оптимизации образовательного процесса в целях обеспечения максимальной эффективности функционирования вуза.

Рассмотрим приведенные положения более подробно.

Система образования в Российской Федерации построена на основе утверждения Государственных образовательных стандартов (ГОС) по специальностям, соответствующими учебно-методическими объединениями (УМО). Учебные программы составляются в соответствии с требованиями ГОС: обязательной (федеральной) и корректируемой

[1] Точные значения используемых авторами терминов и определений приведены в разделе «Терминологические соглашения».

вузом компонентами. Требования ГОС распространяются на состав дисциплин и их учебно-методическое наполнение для федеральной компоненты и не распространяются на устанавливаемую вузом. Основой любой дисциплины является набор дидактических единиц (ДЕ). Задача аппарата управления учебным процессом — обеспечить соблюдение требований к порядку следования ДЕ и их полному выполнению в рамках формирования учебного плана при минимизации его продолжительности. Существенную сложность представляет логическая увязка ДЕ между собой, так как нельзя нарушить логику изложения материалов одной дисциплины и присутствует взаимосвязь между ДЕ различных дисциплин.

Учебные планы содержат последовательность изучаемых дисциплин и объем для каждой из них в часах. Следует отметить, что на практике объем изучения «в часах» не отражает сложности и важности материалов той или иной дисциплины. По этой причине, целесообразно создание системы измерения нагрузки в универсальных единицах, в качестве которых предлагаются зачетные единицы.

Переход от измерения нагрузки «в часах» к зачетным единицам позволяет решить ряд таких проблем, как:

- объективный учет нагрузки преподавателя и обучаемого в зависимости от сложности дисциплины и отдельных ДЕ, а также ценности одинаковых ДЕ для учащихся различных специальностей (одни и те же ДЕ имеют различную ценность для студентов различных специальностей);
- контроль работы, выполняемой в различных формах (очное обучение, дистанционное обучение и доступ через сетевые интерфейсы);
- применение универсального средства измерения для последующей оптимизации использования ресурсов вуза.

Наличие множества форм обучения и используемых технических средств позволяет организовывать учебный процесс различными способами и, как следствие, каждый учащийся потенциально обладает возможностью выбирать скорость изучения материалов и технологию доступа к ним самостоятельно. На перевод указанной возможности из состояния «потенциально» в разряд «реально» и направлена методика, предлагаемая в данной статье.

Основное назначение практического использования методики — создание эффективных специализированных инструментов, для упрощения процесса управления образовательной средой и автоматизации основных процедур подготовки, распространения, обработки и хранения индивидуальных учебных планов.

Терминологические соглашения

Определим термины и сокращения, используемые в статье.

Дидактическая единица — одна или несколько тем, представляющие собой целостный структурно-логический блок информации и соответствующий ему набор понятий и определений.

Учебная дисциплина (дисциплина) — совокупность дидактических единиц, формирующая последовательность.

Учебный курс (УК) — последовательность изучаемых тем и форм контроля в рамках учебной дисциплины.

Учебная программа — набор учебных дисциплин, с указанием соответствующих дидактических единиц, продолжительности и форм итогового контроля знаний.

Интегрированный курс (ИК) — несколько дисциплин, объединенных общей тематикой или предметной областью.

Учебно-методический комплекс (УМК) — набор учебных и методических материалов по изучаемой дисциплине.

Учебно-методический материал (УММ) — является составной частью УМК.

Образовательная траектория (ОТ) — последовательность изучения учебных курсов в рамках обучения по определенной специальности.

Индивидуальная образовательная траектория (ОТи) — образовательная траектория, сформированная одним обучаемым или их небольшой группой.

Индивидуальная динамическая образовательная траектория (ОТид) — образовательная траектория, которая может быть динамически скорректирована в соответствии с пожеланиями обучаемого или администрации и с учетом выполнения всех требований к учебной программе.

Формирование образовательных программ и учебных планов на основе дидактических единиц

Целью исследования является разработка математической модели для создания, представления и преобразований структуры абстрактного учебного курса, состоящего из ДЕ.

ДЕ внутри учебного курса должны быть взаимосвязаны таким образом, чтобы образовывалась некоторая естественная последовательность изучения. Это требование обеспечивает необходимые междисциплинарные и внутридисциплинарные связи. При этом, если изучение некоторой дидактической единицы ДЕ$_1$ основано на фактах другой дидактической единицы ДЕ$_2$, то никакой факт из ДЕ$_1$ не может быть прямо или косвенно основан на фактах из ДЕ$_2$. Таким образом, на множестве ДЕ можно ввести естественное антисимметричное отношение, не содержащее циклов. Наиболее распространенным и удобным средством представления подобных отношений является ориентированный граф без взаимно достижимых вершин.

Это обстоятельство и определило выбор методов теории графов для решения поставленной задачи.

Пусть имеется представленный в виде вершин графа набор ДЕ, соединенных стрелками. Стрелка, выходящая из вершины, соответствующей ДЕ$_1$, направлена к вершине, соответствующей ДЕ$_2$. В том случае, когда изучение ДЕ$_2$ в той или иной степени основано на изучении ДЕ$_1$ (рис. 1).

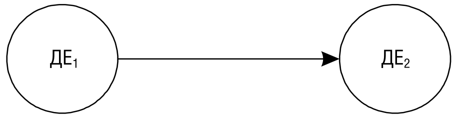

Рис. 1. Граф, определяющий последовательность изучения дидактических единиц

Построение такого графа не является трудоемкой задачей даже в случае наличия большого числа межуровневых связей, т. е. когда изучению одной ДЕ предшествует изучение одной или нескольких ДЕ. Введем обозначение уровней ДЕ: запись ДЕ$_{ji}$ — означает ДЕ$_i$, находящуюся на j-м уровне структуры. Появление уровней связано с необходимостью учета фактора времени при анализе графа. Уровни выделяются для явной увязки ДЕ по срокам изучения, что соответствует классической форме обучения с семестровым окном увязки УК. При переходе к иным формам увязки УК (с меньшим окном увязки, например — месяц или неделя), а также при отсутствии явной увязки УК между собой (например, при работе в *on-line* среде) данная форма описания графа будет соответствовать модели сетевого графа с «фиктивными» связями (дополнительно ограничивающими продвижение по графу ребрами графа, наличие которых обусловлено ограничениями отдельных видов ресурсов). Будем считать, что расположение уровней идет слева направо или сверху вниз.

Типов связей может быть несколько (рис. 2):

- «один-к-одному» — изучению ДЕ$_2$ предшествует изучение ДЕ$_1$;
- «один-ко-многим» — изучение ДЕ$_1$ предшествует изучению n-го числа ДЕ$_{2i}$;
- «много-к-одному» — изучению ДЕ$_2$ предшествует изучение n-го числа ДЕ$_{1i}$.

Однако при увеличении числа уровней сложность графа возрастает (следует помнить о возникновении связей между несколькими УК). Усложнение схемы построения УК вызывает тем большие трудности,

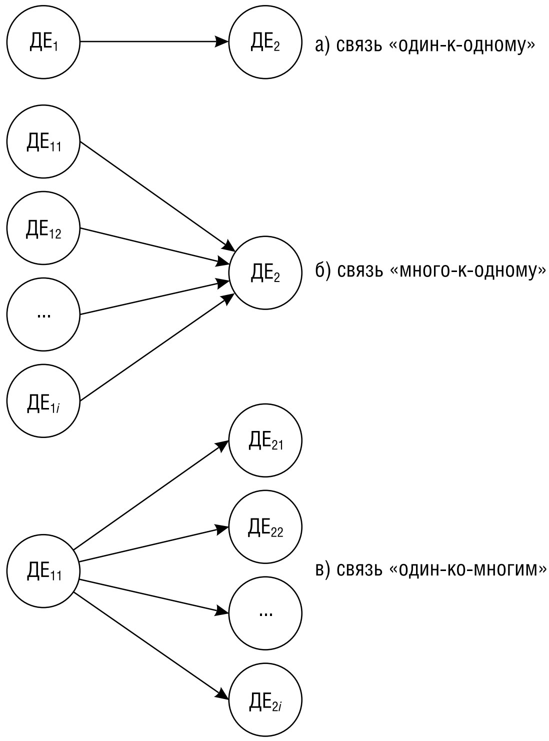

Рис. 2. Размерности межуровневых связей

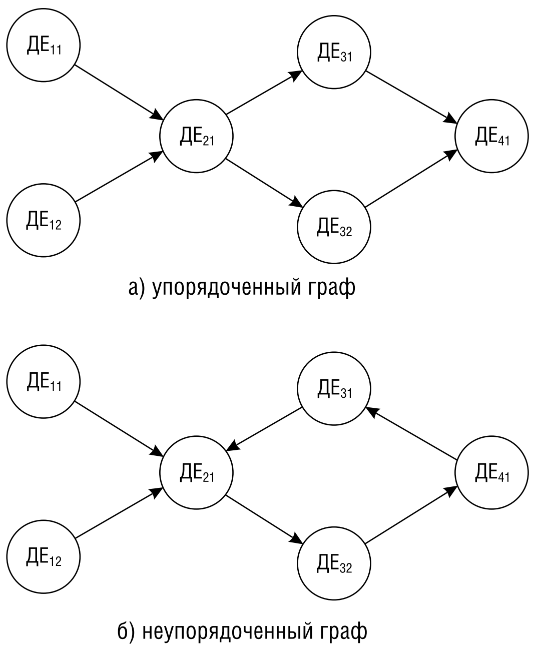

Рис. 3. Графы дидактических единиц

чем больше количество ДЕ и связей между ними. Перечислим основные подзадачи.

1. Необходимо определить, *действительно ли построенная схема частично упорядочена*, не содержит ли она «порочных кругов» (рис. 3). Так, граф приведенный на рис. 3а обладает однозначной схемой продвижения во времени между ДЕ, а граф на рис. 3б содержит цикл $ДЕ_{21} \to \to ДЕ_{32} \to ДЕ_{41} \to ДЕ_{31} \to ДЕ_{21}$.

2. Далее необходима *перестановка ДЕ*, сделанная таким образом, чтобы они образовали естественную последовательность при перечислении, не противоречащую последовательности изучения. На рис. 3 данная операция уже выполнена (в соответствии с порядком следования ДЕ во времени).

3. Следующий вопрос — *определение множеств ДЕ, для которых возможно одновременное изучение*, т. е. тех модулей, из которых может состоять содержание некоторого учебного периода (семестра, года и т. п.). Основное требование здесь — отсутствие связей между ДЕ, изучаемыми одновременно. Данный аспект представляет особую важность при необходимости увязки нескольких учебных курсов или учебных программ между собой. На приведенном рисунке $ДЕ_{11}$ и $ДЕ_{12}$, а также $ДЕ_{31}$ и $ДЕ_{32}$ предоставляют возможность параллельного независимого их изучения.

4. Построенная схема УК может содержать излишние связи. Требуется на каком-то этапе *выявить и удалить излишние ребра соответствующего графа* (ребро, связывающее $ДЕ_{11}$ и $ДЕ_{31}$ рис. 4).

5. Необходимо уметь по заданному набору конечных ДЕ *получать минимальное множество предшествующих ДЕ*. И напротив, нужно уметь по данному набору ДЕ *выявить все ДЕ, изучение которых возможно после изучения ДЕ данного набора*. Выполнение этого требования позволяет обеспечить большую гибкость при формировании ОТи и приблизиться к цели — созданию технологии формирования ОТди.

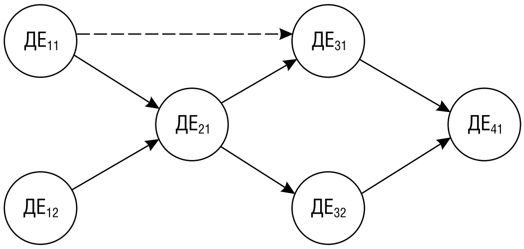

Рис. 4. Избыточные связи в графе дидактических единиц

6. Каждую *ДЕ можно разбить на несколько более мелких ДЕ*. Таким образом, схема УК может изменяться. В соответствующем графе происходит разделение вершин, которое меняет часть структуры, в частности, нумерацию вершин и количество уровней (рис. 5).

Все эти подзадачи можно решить математическими методами, проведя некоторые

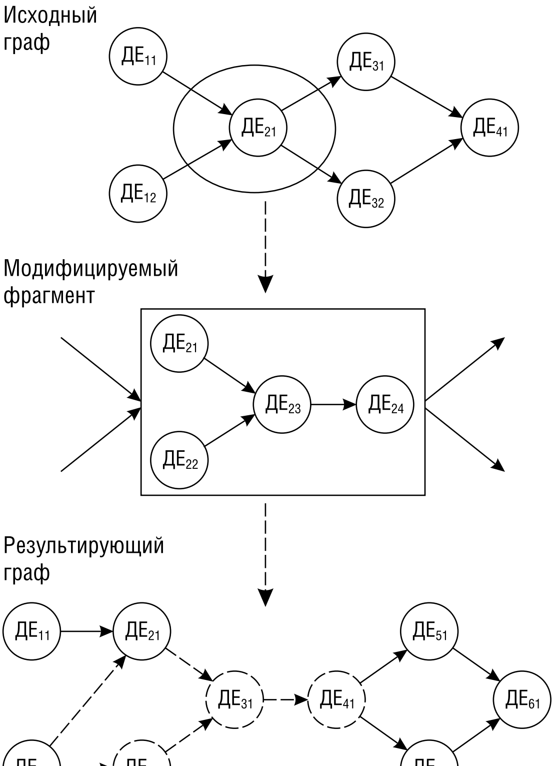

Рис. 5. Модификация исходного графа после детализации $ДЕ_{21}$

преобразования матриц смежности, построенных для исходного графа. Создание математических моделей для каждой из подзадач дает решение математически поставленной задачи в целом, которое допускает алгоритмическую и, следовательно, программную реализацию.

Рассмотрим множество V, которое геометрически можно интерпретировать как множество точек плоскости. С прикладной точки зрения каждый элемент $v \in V$ понимается как некоторая ДЕ.

Ориентированным графом $G = G(V)$ называется некоторое подмножество декартова произведения $V \times V$. Иными словами, граф G — множество упорядоченных пар вида $(v_1; v_2)$, где $v_1, v_2 \in V$.

Каждый элемент $v_i \in V$ называется *вершиной* графа G. Пара $(v_1; v_2)$ называется *ребром* (*ориентированным ребром*) графа G. Геометрически удобно изображать ребро $(v_1; v_2)$ стрелкой, соединяющей соответствующие точки в направлении от v_1 к v_2.

Порядком графа G называется количество элементов множества V, т. е. количество вершин.

Если число вершин конечно, то граф называется *конечным.*

Обозначим через $\rho(a)$ и $\rho^*(a)$ соответственно числа ребер вида $(a; v_1)$ и $(v_1; a)$, т. е. ребер, соответственно выходящих из вершины a и входящих в нее. Эти числа называются *локальными степенями* [1] или *валентностями* [2] вершины a. Мы будем пользоваться терминами *исходящая валентность* для $\rho(a)$ *и входящая валентность* для $\rho^*(a)$.

Количество ребер, выходящих из вершины a и входящих в вершину b, называется *кратностью пары* $(a; b)$ и обозначается $\rho(a; b)$. Часто кратность пары $(a; b)$ называют *кратностью ребра* $(a; b)$, хотя это название не вполне согласуется с прочими определениями, например, в том случае, когда ребра просто нет. Множество ребер $(a; b)$ называют *кратным ребром*, если $\rho(a; b) \geq 2$.

Если в графе существует ребро $(a; a)$, то такое ребро называется *петлей*.

В такой интерпретации нет смысла требовать, чтобы какая-то ДЕ была связана с другой ДЕ более, чем одной связью. Кроме того, очевидно, нет смысла связывать ДЕ с самой собой. Поэтому в дальнейших рассуждениях ограничимся графами, не имеющими кратных ребер и петель. Такие графы называются *простыми* [2]. То есть для любой вершины a простого ориентированного графа $\rho(a; b) = 1$ или $\rho(a; b) = 0$, в зависимости от того, существует ребро $(a; b)$ или нет.

Будем считать, что ребро $(v_1; v_2)$ в графе G существует тогда и только тогда, когда ДЕ, соответствующая вершине v_2, может изучаться лишь на основе сведений, содержащихся в ДЕ, соответствующей v_1. В дальнейшем не будем различать ДЕ и соответствующие им вершины графа, отождествляя их внутри модели. Такой граф G будем называть графом учебного курса, и опять не будем различать без необходимости учебный курс и его граф.

Структура УК не подразумевает полной связности между различными ДЕ. Все же, поставленная задача имеет смысл только для методически связанных между собой ДЕ. Следовательно, без ограничения общности, часть задач следует решать не для всего графа УК, а для его связных компонент S_i. Кроме того, количество ДЕ конечно. Поэтому в дальнейшем ограничимся рассмотрением конечного простого ориентированного графа S и отдельно рассмотрим вопрос о связности этого графа. Однако перечислены еще не все необходимые свойства графа S, важнейшим из которых является его ацикличность.

Интерпретация строящейся модели подразумевает отсутствие «порочных кругов» при изучении системы ДЕ, о чем уже было упомянуто выше. Поэтому ацикличность наряду с конечностью и простотой, является важнейшим свойством рассматриваемого графа S.

Зададим некоторую последовательность вершин графа G порядка n, т. е. $t = \{v_1; v_2; \ldots; v_n\}$. *Матрицей смежности графа G* относительно t называется квадратная матрица $M_t(G) = \|m_{ij}\|$ размера $n \times n$, такая что $m_{ij} = \rho(v_i; v_j)$.

Матрицу смежности $M(S)$ конечного простого ациклического графа S, удовлетворяющую условиям теоремы, т. е. такую, у которой ненулевые элементы расположены выше главной диагонали, назовем *приведенной матрицей*. Соответствующую нумерацию вершин графа также будем называть *приведенной*.

Получение приведенной матрицы и соответствующей нумерации является решением одной из поставленных подзадач — нахождения естественной последовательности изучения ДЕ. Нужно понимать, что приведенная нумерация не единственна. Ниже представим нумерации, наиболее удовлетворяющие поставленной задаче, такие, что все ДЕ, изучаемые в общий период, имеют возможно более близкие порядковые номера в учебном плане.

Пусть, как и прежде, S — простой ациклический граф порядка n, каждая вершина которого сопоставлена некоторой ДЕ и ребра сопоставлены связям между ДЕ одного УК. $t = \{v_1; v_2; \ldots; v_n\}$ — некоторая нумерация вершин, и $M_t(S)$ — соответствующая матрица смежности. Каждая строка матрицы $M_t(S)$ содержит нули или единицы. При этом все диагональные элементы матрицы $M_t(S)$ нулевые, так как граф S не имеет петель.

Обозначим через M_{ti} строку матрицы $M_t(S)$ с номером i, а через M_t^j — столбец с номером j.

Определим две функции:

$$U(j) = \max_{m_{ij}=1}(i) \quad \text{и} \quad \underline{U}(j) = \min_{m_{ij}=1}(i).$$

Иными словами значение $\underline{U}(j)$ равно номеру позиции первой единицы в столбце M_t^j, а $U(j)$ — номер позиции последней единицы в этом столбце.

Назовем разделяющей функцией любую неубывающую функцию $u(i)$, где $i = 1 \ldots n$, если она удовлетворяет условию $U(i) \le u(i) \le i - 1$.

Из определения следует, что функция $U(i)$ сама является разделяющей, при этом $U(i) = \min u(i)$. Другим примером разделяющей функции является функция $u_{\max}(i) = i - 1$.

Уровневым разделением или *функцией уровня* для разделяющей функции $u(i)$ назовем функцию $L_u(i)$, удовлетворяющую правилам:

$$L_u(1) = 0,$$

при $1 < i \le n, \quad L_u(i) = L_u(i-1) + \operatorname{sign}(u(i) - u(i-1))$.

Множество вершин v_i графа, для которых $L_u(i) = l$, назовем *уровнем* l графа S. Будем также говорить, что вершина v_i имеет уровень l и не будем различать обозначения $L_u(i)$ и $L_u(v_i)$.

Интерпретация уровней графа S проста: в один уровень входят вершины, к которым ведут маршруты от вершин меньших уровней, а в другой — от которых идут маршруты к вершинам больших уровней. Особенностью приведенных матриц является то, что вершины внутри одного уровня могут нумероваться подряд. Можно понимать уровень как набор ДЕ, которые изучаются одновременно, лишены взаимных связей и имеют общую дидактическую базу в виде ДЕ меньших уровней.

В некотором смысле наименьшее разбиение на уровни дает разделение L, однако на практике оно не всегда приемлемо. Может оказаться так, что количество часов внутри одного уровня разделения L или даже всех прочих, слишком велико или слишком мало, чтобы такое разделение можно было положить в основу реального расписания. В дальнейшем будут рассмотрены методы, позволяющие решить эту проблему с помощью стягивания или расщепления вершин графа с соответствующим разделением введенной на них весовой функции, которая в интерпретации может рассматриваться как количество учебных часов.

В ациклическом графе ребро $(a; b)$ называется *излишним*, если существует маршрут $Q_k(a; b)$ длины $k > 1$. Ребро $(a; b)$ будем называть также *замыкающим ребром маршрута* $Q_k(a; b)$. Излишним ребро $(a; b)$ является в том случае, если его удаление не приводит к изменению отношения достижимости для вершин графа. Ребра, не являющиеся замыкающими, будем называть *существенными* ребрами. Маршрут $Q(a; b)$ называется *максимальным*, если все ребра в этом маршруте существенные. Часть конечного ациклического графа S, состоящая из всех существенных ребер графа S, называется *базисным графом* графа S. Иными словами, базисный граф можно получить из S, удалив все излишние ребра.

В интерпретации наличие излишнего ребра означает наличие связи между ДЕ, которая обеспечена другими связями. Такая связь усложняет обработку учебного плана, не оказывая воздействия на взаимосвязь и последовательность ДЕ в целом.

На этапе преобразований матрицы смежности подобная связь является элементом, усложняющим вычисления, но не влияющим ни на уровневое разделение, ни на другие важные результаты.

На самом деле предпочтительно иметь вместо матрицы смежности графа S матрицу его базисного графа H. Для этого необходимо выявить все излишние ребра и удалить их.

Теперь вместо графа S в дальнейших построениях лучше пользоваться графом H, унаследовавшим все необходимые свойства графа S. Очевидно, что удаление излишних ребер не повлияло на количество и устройство уровневых разделений, достижимость вершин, связность, порядок, ранг и количество диаметральных маршрутов. Единственное, что изменилось — общее количество маршрутов в графе, но эта величина не играет большой роли в связи с поставленной задачей.

В ориентированном графе G *достижимым из вершины a множеством* называется множество вершин графа G, каждая из которых является достижимой из вершины a. Обозначать достижимое из вершины a множество будем через $D(a)$.

Достижимым из множества $A \subset V$ множеством называется множество вершин графа, достижимых из какой-нибудь вершины, содержащейся в A. Обозначать множество вершин, достижимых из множества A будем через $D(A)$.

Множество вершин графа G, из которых достижима вершина b, будем называть *порождающим множеством для вершины b*. Множество, из каждой вершины которого достижима какая-нибудь вершина множества B, называется *порождающим множеством для множества B*. Обозначать порождающее множество для вершины b или множества B будем $E(b)$ или соответственно $E(B)$. Очевидно верно равенство $E(B)=\bigcup_{b\in B}E(b)$.

Таким образом, может быть сформулирована следующая задача — определение достижимого и порождающего множеств для любого набора вершин графа S или, что то же самое, для его базисного графа H.

В конкретной интерпретации H как некоторого учебного плана это дает возможность отобрать минимальный набор ДЕ для получения заданных параметров или определить максимальный набор знаний и умений специалиста, который можно получить на базе изученных ранее ДЕ.

Максимальным усечением графа H по множеству $A \subset V$ называется подграф $J_{\max}(A)$ графа H, множество вершин которого $E(A)$.

Максимальное усечение можно интерпретировать как наибольшее множество ДЕ, от которых зависит изучение ДЕ данного набора. Например, при условии, что некоторая ДЕ$_1$ изучена данным слушателем, в определенных случаях можно полагать, что все предыдущие ДЕ также изучены. Тогда, исключая ДЕ$_1$, целесообразно найти и исключить все предшествующие ей ДЕ.

Ситуация может оказаться сложнее, когда требуется исключить не все ДЕ, предшествующие ДЕ$_1$, а только те, которые не оказывают влияния на изучение прочих ДЕ, не связанных с ДЕ$_1$. Такая задача предполагает наличие других видов усечений.

Пусть в графе H задано непустое подмножество вершин A. Рассмотрим множество C вершин с нулевой исходящей валентностью: $C=\{c|\rho(c)=0\}$ и множество B таких вершин, что A является разделяющим множеством для C и каждой вершины $b\in B$. Заметим, что множество B может быть пустым, а также, что в него входят все вершины множества A, за исключением вершин, принадлежащих $A\bigcap C$. *Минимальным усечением графа H по множеству A* называется подграф $J_{\min}(A)$ графа H, построенный на множестве вершин $A\bigcup B$. Множество $A\bigcup B$ состоит из тех и только тех вершин графа H, из которых достижима хотя бы одна вершина множества A и не достижима никакая, не принадлежащая множеству $E(A)\bigcup D(A)$.

Интерпретировать минимальное усечение можно как наибольшее множество ДЕ, предшествующих данной ДЕ, при исключении которого из УК не нарушается система связей между остальными ДЕ, не подлежащими исключению.

Предложенная схема анализа графов определяющих увязки ДЕ учебных курсов и выполняемых над ними операций, позволяют реализовать достаточно гибкую и производительную систему автоматизации моделирования ОТди на основе средств вычислительной техники. Использование в качестве инструментария сетевых технологий и языковых средств делает возможным построение *on-line* систем формирования ОТди для обучающихся и соответственно средств контроля над ними со стороны персонала вуза.

Формы обучения и возможности применения методики

Технологии автоматизации проектирования ОТди могут использоваться для:

- повышения эффективности управления процессами обучения и образовательной средой в целом при классической форме организации учебного процесса;
- создания интерактивной образовательной среды, в которой обучающийся может сам формировать персональную ОТди, а система в автоматическом режиме контролирует возможность внесения изменений в ранее используемую ОТ и выполняет контроль наличия ресурсов (нагрузка преподавателей, загруженность серверов и аудиторного фонда, доступность учебных материалов и т. д.).

Схема работы подобной автоматизированной системы представлена на рис. 6.

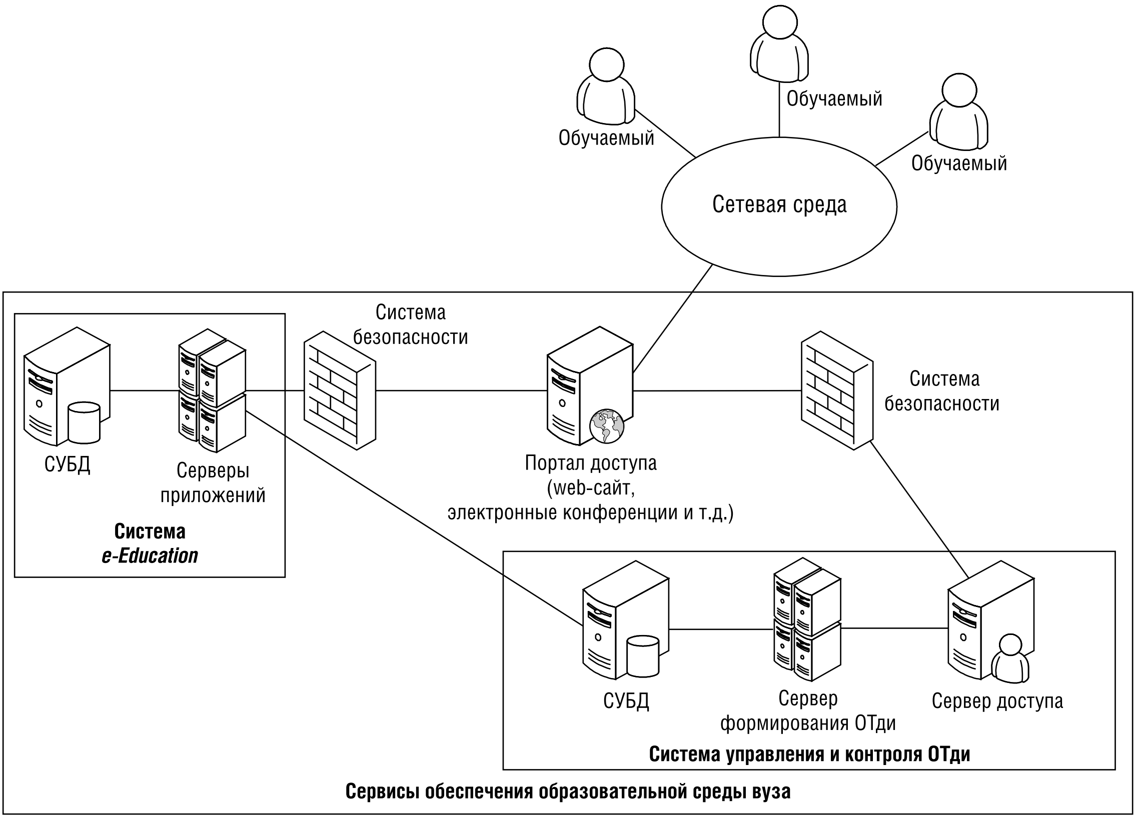

Рис. 6. Система доступа к сервисам обеспечения ОТди и *e-Education* в вузе

Так, обучаемый получает доступ к образовательному пространству вуза чрез некоторую сетевую среду: Internet, сотовые сети и т. д. Далее, он получает доступ к системам управления ОТди, *e-Education* и пр.

После прохождения идентификации на сервере доступа, обучаемый может просматривать и модифицировать свою ОТди. При необходимости выполнения корректировки ОТди (студент внес изменения в ОТ) производится ее оптимизация и проверка на возможность (допустимость) как внесения изменений, так и ее выполнения в целом. Все операции хранения и изменения с сформированными (активными и устаревшими) ОТди происходят через СУБД и хранят как текущее состоянии ОТди, так и историю всех ее модификаций.

Последовательность операций по созданию обучаемым ОТди приведена на рис. 7.

Необходимость использования дополнительного формирования сервера ОТди обусловлена большим числом траекторий обучения студентов (максимальное число соответствует численности студентов) и необходимостью решения обратной задачи проектирования — верификации вновь создаваемых траекторий (рис. 8 и 9).

При создании нового ОТди:

• осуществляют проектирование — студент формирует новую траекторию или изменяет существующую;

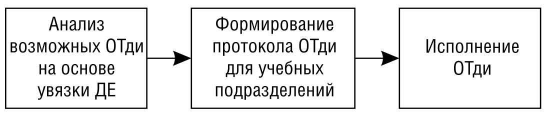

Рис. 7. Последовательность формирования и применения ОТди в учебном процессе

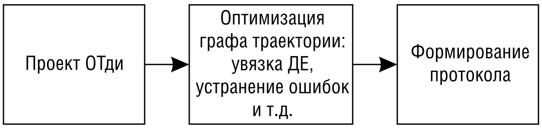

Рис. 8. Последовательность операций при создании нового ОТди

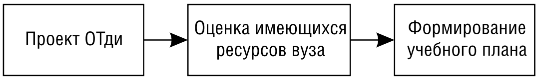

Рис. 9. Последовательность верификации проекта нового ОТди

- выполняют операции по трансформации траектории в граф и его обработку;
- формируют протокол — документ, подтверждающий создание новой ОТди.

Протокол ОТди может существовать как в виде твердой копии (печатного документа), так и в электронной форме в базе данных.

При появлении в системе проекта нового ОТди необходимо:

- оценить имеющиеся ресурсы, так как пожелания учащегося могут не соответствовать ресурсам вуза (в первую очередь, это относится к очной форме обучения);
- сформировать учебные планы вуза (факультета, кафдры, преподавателя) на основе набора проектов ОТди.

Следует отметить, что приведенная ранее на рис. 6 схема не делает системы *e-Education*, дистанционного обучения и классические формы обучения взаимоисключающими. И наоборот, применение технологий удаленного доступа и использование современных технологий построения вычислительных систем позволяют существенно сократить издержки вуза на управление учебным процессом при интеграции тех способов обучения, которые являются наилучшими для той или иной учебной программы и с учетом пожеланий студентов. Сама же система ОТди способна функционировать как в рамках приведенной схемы (интегрируясь с необходимым числом дополнительных сервисов, в данном случае — с системой *e-Education*), так и автономно.

Отдельного внимания заслуживает целесообразность интеграции подобной технологии с такими системами, как система управления учебным расписанием (для очной формы обучения) и системами проектирования УМК и предоставления УММ.

Рассмотрим основные направления развития математического и методического аппарата обеспечения управления детальностью вуза на основе ОТди.

1. Создание технологии моделирования процесса последовательного продвижения учащегося в освоении образовательной программы по трем ее уровням: от базового к «продвинутому», и, далее, к специализированному. Создание моделей освоения модулей происходит как внутри каждого уровня, так и между элементами, относящимися к соседним уровням. Ограничением в выборе количества модулей является их базовая трудоемкость, выраженная количеством зачетных единиц и нормативом в академических часах, а также рекомендуемой интенсивностью изучения материалов учебных курсов. Общие количественные нормативы учебной нагрузки обучаемого устанавливаются соответствующим ГОС.

2. Создание программных средств для системного контроля степени сформированности общетеоретических и профессиональных знаний, умений и навыков студента в начале обучения и по его завершению, т. е. по окончании изучения самостоятельного учебного модуля или группы однообъектных модулей.

Создание технологии моделирования учебного процесса на основе формирования индивидуальных динамических образовательных технологий позволяет осуществить их последующую трансформацию в полностью автоматизированную систему, что в свою очередь повышает эффективность работы вуза и качество подготовки специалистов.