

Характеристики проблемно-задачного обучения

Лобашев В.Д.

См. также статьи автора в ШТ. 2004. № 1–4.

Роль педагога в решении проблемных задач весьма специфична и многогранна. Цикл педагогической деятельности, по мнению А.К. Марковой, наиболее чётко определяется периодом, длящимся от постановки проблемы до начала решения частных задач. В этот период сотрудничество преподавателя и ученика в преодолении затруднений при решении каждой задачи проявляется наиболее ярко.

Познавательная-воспитательная ценность учебной задачи во многом определяется объёмом и целенаправленностью усилий ученика, преодолевающего затруднения при составлении и выполнении алгоритма решения. Совместная работа ученика и преподавателя стимулируется поиском решения (со стороны ученика) и желанием обучить (со стороны преподавателя) общей технологии решения класса задач через успешную реализацию частного алгоритма, методически организуется первоначально на уровне решений межпредметных комплексных заданий. Партнёры взаимодействуют в режиме диалога при решении проблемно-эвристической задачи (проблемной ситуации), активизируют поисковые творческие процессы мышления и оптимизируют или сдерживают процесс её решения. Решение задачи в принципе — результат совместной деятельности всех участников процесса обучения, причём все участники процесса обучения развиваются в общении.

В таком случае определяющим фактором формирования и наполнения модуля (содержащего и идеологически опирающегося на комплекс проблемно-познавательных задач) становится смысловое семантическое содержание каждого сообщения, которое передаёт преподаватель, либо оно излагается в процессе обучения и воспринимается как отдельными учениками, так и в целом всей учебной группой. В полной мере оно характеризуется **функцией цели**, для которой, в частности, необходимо установить:

— область существования и преобразовательную направленность категории «учебная информация» и параллельно — уточнить утилитарную ценность каждого учебного сообщения, т.е. полностью уяснить деятельностьную направленность учебного сообщения, а также его содержательно-потребительную стоимость; уточнить содержательную направленность рассматриваемых сообщений — беллетристика, учебная теорема, понятие, термины, объяснения, комментарии, сигнал тревоги, зов о помощи и т.п.;

— количественные меры её оценки — единицы измерения и их количество, обеспечивающее выполнение условий необходимости и достаточности объёма корректирующих (чаще всего комплексных) параметров, предназначенных для успешного достижения целей обучения (бит, байт, фрейм, понятие, эвристика, кластер, продукция, цикл — «цель — задача — контроль» и т.п.);

— зависимость ценности учебной информации от времени её представления: хорошо известно, что момент сообщения тесно связан с текущей фазой проявления и со степенью влияния функции забывания (оценка длительности пред-

ожидания запросов знаний, содержащихся в ранее воспринятом учеником сообщении, в этом случае становится определяющей мерой);

— своевременность, актуальность, чёткое выдерживание ритма донесения очередных порций учебной информации согласно плану урока, расписанию занятий, а также соблюдение оптимальности величин пауз в задаваемом преподавателем темпе учебного занятия.

Совокупность рассмотренных характеристик, представляющая собой всего лишь частную выборку из их общего числа, в достаточной мере доказательно описывают преимущества и широкие возможности использования проблемно-задачного метода в практике модуль-

ного обучения различных контингентов учащихся — от профессиональных училищ начального обучения до вузов, от выпускников средней школы до подготовки взрослых.

Сегментирование информации в технологической схеме учебного процесса

Рассмотрим параметры самого процесса передачи знаний.

Движение учебной информации, направляемое потенциальным полем целей обучения, определяется её (информации) изначально более высоким энергетическим уровнем у источника, в данном случае — преподавателя. Но способность преподавателя грамотно и эффективно передать эту информацию в свою очередь определяется чётким знанием форм и профессиональной глубиной представлений о её познавательной ценности и новизне. Последние становятся специфическими оценками именно учебной информации.

С практической точки зрения учебная информация представляется в виде дискретного, т.е. всегда конечного в пространстве и времени, сообщения (передаётся в материально-энергетической форме) и изменяющего состояние ученика — это могут быть слова, предложения, определения, понятия, схемы, диаграммы, рисунки, плакаты. Основные характеристики исходной информации представляются в сообщении двумя вероятностными категориями:

- 1) фактором времени, т.е. актуальностью поступления и
- 2) количеством информации, так называемой энтропией.

Определяющей величиной учебной ценности сообщаемой информации, выделенной (детерминированной) до отдельных сообщений, является её информативность. Одновременно с чётко выраженной детерминированностью каждое сообщение многозначно. Информативная многомерность представляемых (например, в языковой форме) сообщений может быть рассмотрена на примере печатного текста, где только лишь единичная (!) знаковая форма (например, буква) «демонстрирует» многокачественные свои стороны — буква (как часть алфавита), её цвет, размер, шрифт, теснение, функциональная нагрузка — часть слова, отдельный элемент предложения, отдельное слово и т.д.; ещё более яркое представление о многослойности знаковых сообщений можно получить при выявлении поливариантности смысловых значений слов языка общения (омонимы), математических и синтаксических знаков и т.д.

Итак: эффективность функционирования (использования) канала передачи учебной информации в решающей мере зависит от уровней:

- знаний, умений и интеллекта преподавателя,
- начальной информированности, подготовленности школьников (качественного уровня их исходной базы знаний),
- информативности сообщения, его насыщенности, которые, в свою очередь, предопределяются:

а) рейтингом группы (оценкой совокупного интеллекта коллектива в целом и каждого ученика в отдельности),

б) необходимо высоким исходным уровнем учебного сообщения со стороны преподавателя, обеспечивающим достаточное «энергетическое превышение» порога восприятия,

в) объективными параметрами пропускной способности канала.

Интересен предварительный вывод — эффективность использования возможностей этого канала, его информативная загруженность резко возрастают, если ученик обладает повышенными «предзнаниями», т.е. имеет более высокий начальный уровень информации по данному вопросу перед началом занятия, а значит, способен в дальнейшем воспринимать сообщения гораздо более высокого информативного (познавательно-содержательного) уровня.

В общем случае количественно научение может быть выражено как прирост знаний, представляемый в виде усвоенной части учебного материала. Принцип преемственности зна-

ний требует для гарантированного достижения успешности обучения достаточно высокого первоначального исходного уровня (h_0) знаний учащихся, при котором, однако, начальный уровень информативности текущего учебного сообщения не превысит более чем на 30% исходный уровень знаний обучаемого (альтернативная ситуация чревата неспособностью обучаемого распознать, дешифровать и усвоить излишне сложный учебный материал). Сложность смыслового содержания самых первых учебных сообщений каждого конкретного занятия (dh') должна быть, как минимум, понятна ученику. При этом в процессе передачи знаний от учителя к ученику (обучения) неизбежны потери учебной информации, величина которых эмпирически оценивается до 70%. Суммарный информационный поток (но не информативность сообщений!), обеспечивающий в итоге требуемый уровень обученности, может (для выполнения условий полной успешности обучения — должен) более чем втрое превышать уровень воспринимаемой и усваиваемой учебной информации.

Педагогическая ситуация значительно меняется на учебных занятиях с аудиторией, получившей задание предварительно подготовиться по теме предстоящего занятия и, следовательно, имеющей повышенный уровень предзнаний h'_0 . Причём, естественно, обучаемый, выполнивший задания предварительной подготовки, имеет более глубокие знания, чем не выполнявший дополнительных учебных поручений, т.е. $h'_0 > h_0$. В этом случае школьники, прошедшие дополнительную подготовку, могут на этом занятии достигнуть наивысшего уровня знаний h_{\max} .

Но решение этой задачи потребует проведения занятия при полном использовании преподавателем пропускной способности канала восприятия (учебной) информации, т.е. проведения занятий на максимально высоко возможном (целесообразном) уровне интенсивности (информативности) учебных сообщений PP . Напомним, что это соответствует информационному потоку интенсивностью примерно 20 бот — т.е. 180–240 слов в минуту. Фактически такой режим обучения соответствует напряжённой сократической беседе, что требует полной мобилизации внимания, активизации мотиваций и способностей к обучению каждого из участников процесса обучения.

Подобная педагогическая ситуация требует создания монолитных целеобъединённых групп. При этом значительно возросшая потребная энергетика процесса обязывает преподавателя повышать уровень своей [само]подготовки перед уроком от H^{\min} в «обычной» ситуации до H^{\max} в сложившейся экстремальной. Выполнение выдвинутого условия обеспечивает успешное обучение соответственно в первом и втором, усложнённом проявлениями повышенных предзнаний подготовленной аудитории, «режимах» работы.

Однако следует учесть, что H^{\max} значительно больше (до 4 раз и более); это обстоятельство объективно заставляет преподавателя затрачивать значительные усилия на подготовку учебного материала, более качественно разрабатывать особый, чаще всего единичный, сценарий занятия, добиваться тщательно выверенного подбора дидактического материала. Следовательно, на практике в этом режиме может работать лишь очень высококвалифицированный преподаватель, обладающий к тому же глубокими, активными практическими знаниями работы с малыми группами, владеющий навыками управления аудиторией, актёрским мастерством, имеющий темпераментный неординарный стиль изложения.

Одновременно подобная интенсификация неизбежно увеличивает потери информации, выраженные для соответствующих уровней подготовки аудитории неравенством абсолютных значений потерь учебной информации $|-DH_2| > |-DH_1|$. Последнее диктует необходимость подъёма «энергетического запаса» сообщений от $DZ_1 = H^{\min} - h_0$ — для первого режима, до $DZ_2 = H^{\max} - h'_0$ — в случае проведения занятий с аудиторией, имеющей предзнания; на практике условия проведения занятия с подготовленной аудиторией объективно требуют выполнения соотношения $DZ_2 \gg DZ_1$. Записанное неравенство отражает следующие положения:

1. Информационный уровень учебных сообщений, соответствующий второй анализируемой учебной ситуации, не только относительно, но и абсолютно значительно выше: это вынуждает преподавателя периодически повышать качественный уровень изложения, создавая

напряжённую харизматическую атмосферу занятия (постоянно поддерживать столь высокий, изнашивающий педагога, уровень преподавания нереально).

2. Аудиторное (групповое) занятие в таком случае может быть посвящено только теме, затрагивающей и увлекающей большую часть учебной группы (по возможности — всю); реалии учебного процесса свидетельствуют о том, что и в этом случае предлагаемый высокий темп и первоначально притягательную напряжённость инновационного варианта методики занятия выдерживают лишь чуть больше половины обучаемых; эффект ускорения обучения в общей массе учащихся пока ещё достаточно скромн.

Как показывает практика, это соотношение присутствует и обеспечивается лишь при индивидуальном обучении и при организации учебного процесса, задающей исходный уровень подготовки ученика выше h_{max} — соответствующей полной самостоятельной проработке учебной темы в объёме 1–2 занятий.

Рассматриваемая ситуация достаточно часто встречается при обучении взрослых и порой имеет педагогически обострённый характер. Мы сталкиваемся с необходимостью обеспечить обязательный уровень знаний преподавателя, при котором он способен создавать поле абстрактного представления об элементах знаний, сообщаемых над уровнем $P'P'$. В идеале преподаватель должен фактически обладать совершенной, глубоко специфической профессиональной подготовкой, быть способным спонтанно создавать образы учебной информации, обобщающие непосредственно в процессе обучения конкретные факты и понятия в элементы системы (базы) знаний.

Педагог должен быть способен строить (конструировать) систему знаний ученика в очень напряжённом диалоговом режиме, фактически не имея времени на предварительную разработку вариантов ответов на динамично задаваемые учениками вопросы. И, весьма стеснённый в праве на ошибку, он совершенно лишён возможности к отступлению в диалоге с хорошо подготовленным практиком.

Преподавателю необходимо, исполняя в весьма специфических условиях воспитательную и развивающую функции обучения, параллельно вести дополнительную работу по качественной реорганизации учебного процесса с целью повысить уровень сложности и содержательности воспринимаемой аудиторией учебной информации $P'P'$. Педагогическая ситуация требует от преподавателя развития (быстрее — восстановления частично утраченных) способностей учеников к более интенсивному восприятию учебной информации.

Знание особенностей процессов обучения — т.е. одного из аспектов этого многогранного действия — даёт преподавателю новые действенные средства достижения целей обучения.

В процессе подготовки учебного материала преподаватель создаёт необходимое и достаточное количество сложноподчинённых сегментов учебных знаний, синтезируемых в элементы, блоки, учебные модули и объединяемых в более организованную структуру — систему модулей, в совокупности определяющих содержание данной учебной дисциплины. Это должно помочь ученикам достичь оптимального качества и уровня обученности в конкретной рассматриваемой области за время, оговорённое учебными программами и планами. По сути, на уровне образовательного стандарта оговариваются условия полного усвоения теоретического курса знаний, формирования практических умений и закрепления начальных профессиональных навыков.

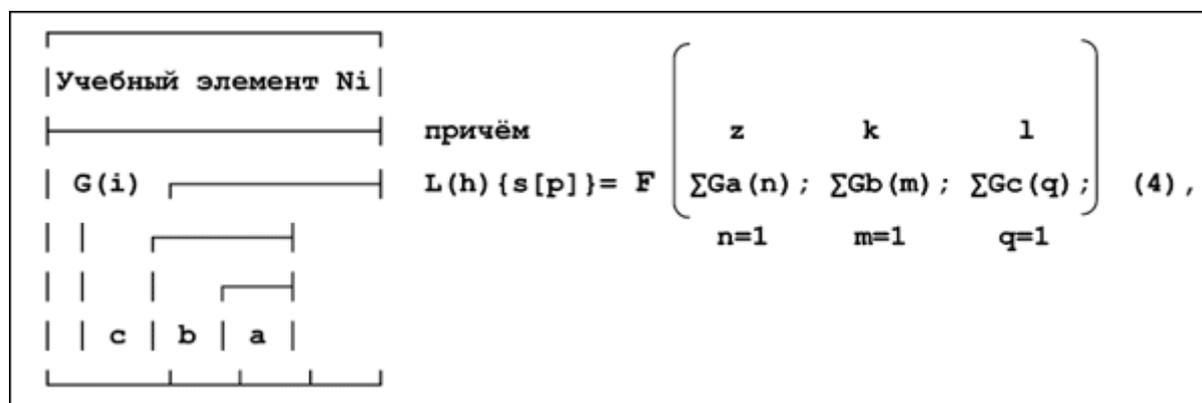
Содержание учебного предмета определяется образовательным стандартом и конкретизируется учебным планом. Оно может быть представлено предметно-ориентированным набором учебных сегментов $s(p)$ в составе некоторого генерального множества составляющих элементов учебной дисциплины $L(h)$, что позволяет рассматривать каждую логически обрассматриваемую совокупность учебных сообщений как законченную в определённой мере самостоятельную единицу знаний.

Объём такой единицы, исходя из сложившейся практики преподавания учебных дисциплин, можно принять приблизительно равным 10–15 КЛАСТЕРАМ*. Содержание некоторого j -го предметного блока «S» (совокупности учебных дисциплин) в этом случае можно за-

писать в виде структурированной системы учебных элементов «G»:

* Информативный объём КЛАСТЕРА в учебном процессе принимается за 300–600 бит, что составляет в среднем от 12 до 20–30 предложений по 4–7 слов.

Общая форма записи: $S_j = F[L(h)(G_i)]$ символично описывает общее содержательное наполнение учебной дисциплины с точки зрения удобства анализа и оценивания изучаемого материала. В более частном представлении:



где:

$G(i)$ — весовая функция учебного элемента,

a, b, c — виды дискрет знаний, соответствующих уровням оценивания «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»;

z, k, l — количества каждого из названных видов дискрет;

G_a, G_b, G_c — весовые функции различно оцениваемых учебных знаний; наполнение качественных признаков; их количественные характеристики. Методы их наиболее эффективного применения в общем случае назначают преподаватели-разработчики методических материалов авторского обеспечения учебного процесса.

Графическое представление учебного элемента подчёркивает структурность внутренней организации оцениваемых дискрет. В этой структуре присутствуют:

— поглощение, включение в состав каждого последующего по иерархической подчинённости элемента предыдущего, меньшего по содержательности и сложности,

— дополнительность: каждый последующий элемент суммирует составляющие подчинённого уровня и «дополняет», развивает и модернизирует полученную сумму новым качественным содержанием.

Учебному элементу в качестве отличительных признаков присущи:

— полная структурно сформированная схема трансформации учебных сообщений, для которой используются целенаправленные упражнения, причём на отдельных этапах эта система упражнений может функционально подчинять себе требуемое, согласно логике учебного процесса, содержание учебных элементов, т.е. быть активно-управляющей по отношению к сообщаемым знаниям; в этих обстоятельствах происходит взаимопроникновение и диалектический переход и дополнение формы и содержания, целей и задач, объекта и предмета, что позволяет каждому элементу играть активную роль в соответствующей педагогической ситуации;

— смысловая законченность, логическая самодостаточность, выраженная относительная дидактическая мобильность, осязаемая самостоятельность и способность участвовать в других схемах, структурах, сочетаниях при сохранении полной индивидуальности; обязательным условием при этом выступает наличие у выделяемого учебного элемента дидактических признаков необходимой и достаточной функциональной и понятийной учебной (обучающей) направленности;

— проявляющаяся, в значительной мере при активном участии преподавателя, приспособленность к объективной многопараметрической оценке;

— возможность эффективного усвоения учеником значительной части предложенной информации в силу подчинённого соответствия педагогических и информационных характеристик модуля параметрам функционирования психических функций человека;

— изначально минимизированные порог и объём отчуждения воспринимаемой учебной информации, т.е., в частности, соответствие времени изложения отдельного блока учебной информации длительности сохранения устойчивого активного внимания (8–10 [до 15–20] мин) учащимися различных возрастов. На занятиях, где самостоятельно изучается дисциплина (например, удалённое обучение), время изучения такого фрагмента (полный цикл: изложение (ознакомление) — раскрытие — закрепление — контроль) составит 35–45 минут;

— как правило, при организации конкретного учебного процесса это — элемент фрейм-сетевой сети, описывающей данную учебную дисциплину в базе знаний (но при обязательном выполнении требований образовательного стандарта).

Попытка увеличить точность учебного сообщения, уменьшая шаг квантования (разбивка темы сообщения на более мелкие её составляющие, изложение материала отдельными конкретными понятиями, повышенная конкретизация образа, излишне частое употребление «жёстко информативных» предложений длиной до 5–7 слов и т.д.) приводит к резкому увеличению энтропии (смысловой ценности) единичного сообщения. Это, как следствие, вызывает гипертрофический рост цены возможной ошибки изложения, к которой прибавляются, кроме оценки содержания, ещё и требования к строгому выдерживанию структуры и логики высказывания, т.е. возрастают требования к общей дисциплине учебного сообщения.

В принципе строгость, однозначность резко ужесточают условия работы преподавателя.

Использование моделей учебных дисциплин, представленных полюсными графами соответствующей организации, свидетельствует о целесообразности и эффективности использования методов дискретизации и начального векторного и матричного анализов. Заканчивая изучение отдельной темы, блока, раздела на уроках-«мостах» (на границах тем, разделов, блоков учебных дисциплин либо перед ними) проводятся предварительные контрольные работы (опросы). Это позволяет:

— активизировать все отложенные ранее знания и перевести их в режим активных предзнаний перед «обобщающим» занятием;

— выровнять все полученные ранее знания до единого исходного уровня перед следующим этапом, темой, разделом обучения;

— косвенно подготовить ученика к повышенному уровню изложения обобщающего материала на итоговом занятии, организовать соответствующую информационную нишу и максимально стимулировать интерес к предстоящему занятию.

Информационное содержание учебного предмета определяется, в частности, функцией от совокупности учебных элементов изучаемого предмета. В общем случае познавательная ценность учебной дисциплины, в том числе одна из основных её характеристик — информативная нагруженность, в значительной степени превосходит простую сумму всех учебных сообщений преподавателя на занятиях. В такой ситуации учебные элементы, выполняя роль мини-модулей процесса обучения, создают композицию некоторой модели фрагмента учебного процесса, окончательную конфигурацию которой придаёт преподаватель. Он варьирует всеми подвластными ему элементами и параметрами процесса обучения (видами, формами, технологиями, методиками учебных занятий, составом и акцентами различных функций урока, содержанием и характеристиками этапов, блоков и их последовательностью, способами реализации оценочно-контролирующей функции, вектором мотивации и т.д.), опираясь на значения характеристической функции G_i . Сам же количественный образ весовой функции G_i , используемый в качестве комплексного признака учебного элемента, включает в себя следующие основные параметры и декомпозиционные признаки:

1) признак стандартного или расширенного объёма учебного элемента — может ли он использоваться только как основной либо содержит и дополнительные расширительные сведения;

2) уровень расположения в логической структуре локального блока, темы учебного кур-

са (в данном примере (рис. 1) это — уровни I,II,III,...);

3) степень подвижности и возможность переставлять во времени изложение блоков, сегментов других знаний («флуктуируемость»), — графически это интерпретируется как возможность переставлять вершины ранее спроектированного графа «Учебный предмет», не нарушая его функциональную целостность; на практике этот параметр характеризует возможность изменять порядок расположения элементов учебного процесса (чаще всего это относится к урокам);

4) количество связей различной мощности и коррелированности с другими элементами;

5) степень автономности, потенциал самостоятельного существования и возможность использовать рассматриваемый элемент в других дисциплинах;

6) передаваемые на функцию контроля параметры: предварительные оценки учебного элемента по планируемому уровню усвоения, по уровню сложности, номинальному времени ответа («назначенная ценность»);

7) признак (индекс) наличия связи с параллельно изучаемыми или ранее изученными курсами.

В качестве отправной базы создания оптимальной системы можно привести основные исходные положения и конструкционные требования построения на базе рабочих и поурочных планов первоначального варианта функционального графа «Учебный предмет»:

1) исходную стратегию расположения учебных элементов принимает преподаватель в соответствии с его планами изложения учебного предмета;

2) уроки (сегменты), изложение которых ощутимо не зависит друг от друга, располагаются на одном временном уровне — приоритетная последовательность их исполнения определится в ходе дальнейшего анализа;

3) выполнение требований внешних связей-входов абсолютно обязательно и приоритетно: прообразы создаваемых понятий, определений в любом случае должны предшествовать синтезируемым конечным образам (все исходные понятия, определения, термины должны быть усвоены заблаговременно — по крайней мере, сообщены на предыдущем занятии);

4) первоначально предполагается, что объяснение нового материала (применительно к профессиональной школе) будет оптимизировано по времени изложения одного учебного элемента.

В первом приближении решающие правила функционирования рассматриваемой системы могут выглядеть следующим образом:

1) оптимизация графа осуществляется дискретным поэтапным проходом от одного урока-моста к другому; в планировании учебного процесса и его воплощении в расписании занятий такой урок функционально выполняет задачи тематического либо рубежного контроля;

2) первоначально выстраиваются участки линейных цепей до достижения вершины, имеющей ответвления (т.е. находится первая вершина, к которой присоединяется более одной дуги), затем, следуя логике дополнения, достраиваются ветви в порядке повышения степеней (числа присоединяемых дуг) — в каждом шаге от вершин со степенями 2 и выше до завершающей цепи, имеющей наивысшую степень; на практике это соответствует алгоритму построения цепи занятий, полностью обеспеченных исходными знаниями, которые ученики получают на всех уроках (занятиях), проводимых ранее и логически связанных с рассматриваемым на данном занятии учебным содержанием;

3) направление просмотра для максимального упрощения исходного варианта маршрута можно назначить от вершин верхнего уровня к нижележащим слева направо;

4) учебные блоки по продолжительности должны быть кратны минимальному времени, отведённому на объяснение учебного материала; но изложение должно длиться не менее десяти минут;

5) до начала первого этапа изучения новой темы (раздела) преподаватель должен назначить необходимое по плану число контрольных работ либо испытаний любого другого вида; в дальнейшем это позволит усовершенствовать учебный процесс, назначив дополнительные

уроки-мосты и удалив несущественные пороги контроля;

б) первоначально задача решается в прямом направлении — при заданных учебном плане и разбивке учебных часов рассчитывается оптимальный линейный граф (в конечном итоге выражающийся как прямая поурочная схема изложения материала);

7) в учебных элементах (реже в кластерах) определяются и затем фиксируются в составе весовой функции G_i : мини-тезаурус, оценка информативности, логическая связь в цепи элементов, степень привязки к базовому вектору сообщения новизны, теснота совпадения с базисным вектором (общим направлением и содержанием учебной дисциплины) и другие параметры;

8) одновременно с началом определения характеристик оптимизации производится расчёт параметров функции забывания; получаемые результаты позволяют определять, отслеживать и корректировать последующие расчёты оптимального пути восстановления требуемого уровня знаний, для того чтобы уменьшить потери сообщённых, воспринятых и усвоенных знаний для их последующего целевого использования на занятиях по данной дисциплине;

9) согласованность изучения параллельных дисциплин обеспечивается специальным образом организованным вводом учебного материала (последовательность, логическая связанность, обоснованность, доказуемость), ранее изученного в других учебных дисциплинах, в соответствии с правилами функционирования предметного графа;

10) степень согласованности действий и ожидаемых итогов по результатам исследования конкретного графа организации изучения блока учебной дисциплины (т.е. эффект от выполнения рекомендаций) оценивается характеристиками:

— минимизации времени обучения при стремлении к минимуму затрат при твёрдо задаваемом уровне обучения (согласно требованиям образовательного стандарта),

— минимального времени ожидания подхода необходимой информации в вершинах (минимального времени комплектования исходной базы изучения материала конкретного занятия),

— оптимального сочетания и простейшей компоновки последовательности уроков и чередования различных форм контроля.

Последовательность применения, состав комплексных критериев и сами «основные положения» и «решающие правила» в процессе эксплуатации представленной модели (графа) подлежат коррекции и модификации в зависимости от целей оптимизации, назначаемой и действительной мощности критериев, вариантов поисковых решений, личностных характеристик преподавателя и т.п.

В качестве примера рассмотрим построение структуры отдельного блока учебного материала некоторой темы. К анализу (рис. 1) предлагается блок из восьми элементов (занятий), не выделяемых, в целях упрощения анализа, специальными характеристиками весовой функции, т.е. численные значения G_i для всех анализируемых элементов принимаются равными единице: $G(i) = \text{const} = 1$.

В дальнейшем конструируют и комплектуют матрицы смежности и инцидентности*, полностью и однозначно описывающие и функционально связывающие все исследуемые параметры уроков, представляемых в свою очередь вершинами совершенного полюсного графа, оптимизированного в соответствии с ранее описанными условиями. В этом случае для анализа можно использовать известный математический аппарат любого уровня сложности в зависимости от выдвигаемых целей исследования и уровней оптимизации вне привязки к конкретному содержанию элементов создаваемых графов. В частности, эту проблему можно исследовать с точки зрения «задач коммивояжёра», использовать метод матриц, оптимизирующее сетевое планирование.

* Матрицы, описывающие конструктивные особенности и состояния элементов графа, представляют собой двумерные таблицы, позволяющие в сжатом и наглядном виде описывать и давать необходимые характеристики, а также все возможные и реально существующие связи и зависимости,

последовательности возможных действий; моделируемого блока учебного процесса. На рис. 1, 2, 3 приняты обозначения:

$A(1) \dots A(ABC)$ — учебные элементы (в общем случае могут рассматриваться блоки, модули, элементы любой разновидности);

$G1 \dots Gn$ — суммарные весовые функции учебных элементов, применённых на данном занятии и в совокупности определяющих информативную ценность единичного занятия;

«а», «б», «в»,... — рёбра графа, демонстрирующие переход от занятия к занятию, наглядно, графическими построениями раскрывающие конструктивные особенности построения оптимального маршрута обучения, иллюстрирующие пути и характеристики процесса переноса учебной информации и указывающие конкретные исходные и конечные адреса её запроса и применения;

$1 \dots n$ — шаги исполнения алгоритма, последовательность проведения занятий;

$N\{i\}$ — числа «напряжённых» дуг, заполненных временно неиспользуемым учебным содержанием, т.е. число связей между занятиями, где учебный материал, сообщённый ранее, «ожидает» своего применения, использования в логически связанном с ним последующем занятии;

$T\{i\}$ — степени напряжённости дуг (число «отложенных» сегментов учебной информации), т.е. число шагов-уроков, в течение которых сообщённая ранее информация ожидает своего применения, использования;

$T\{i\} \text{ sum}$ — суммы степеней напряжённости дуг графа;

$T\{i\} \text{ max}$ — наивысшие степени напряжённости среди всех дуг графа;

M — средняя напряжённость дуг отложенной информации в анализируемом блоке учебного процесса.

При использовании простейших стратегий исследования данного примера (стратегий уровней и столбцов) выстраиваются следующие графы и таблицы наблюдения (рис. 1, 2, 3), созданные с учётом следующих предварительных условий построения и реализации алгоритма конструирования модельного графа:

- Напряжение дуги становится значимым (в матрице рассматриваемого примера приобретает значение «1»), когда изученные, усвоенные и закреплённые и в последующем немедленно «выставленные» для дальнейшего употребления знания после занятия не используются на данном шаге выполнения расписания занятий.

- Исходным элементом представленного графа является «нулевая» вершина $N(0)$, наполненная собственным первично-автономным тематическим содержанием.

- Вершины, составляющие счётное множество учебных занятий, обозначаются по правилам, принимаемым самим преподавателем.

Схема I. Построение и первоначальный анализ отдельного блока «мост — мост» графа «Учебный предмет»

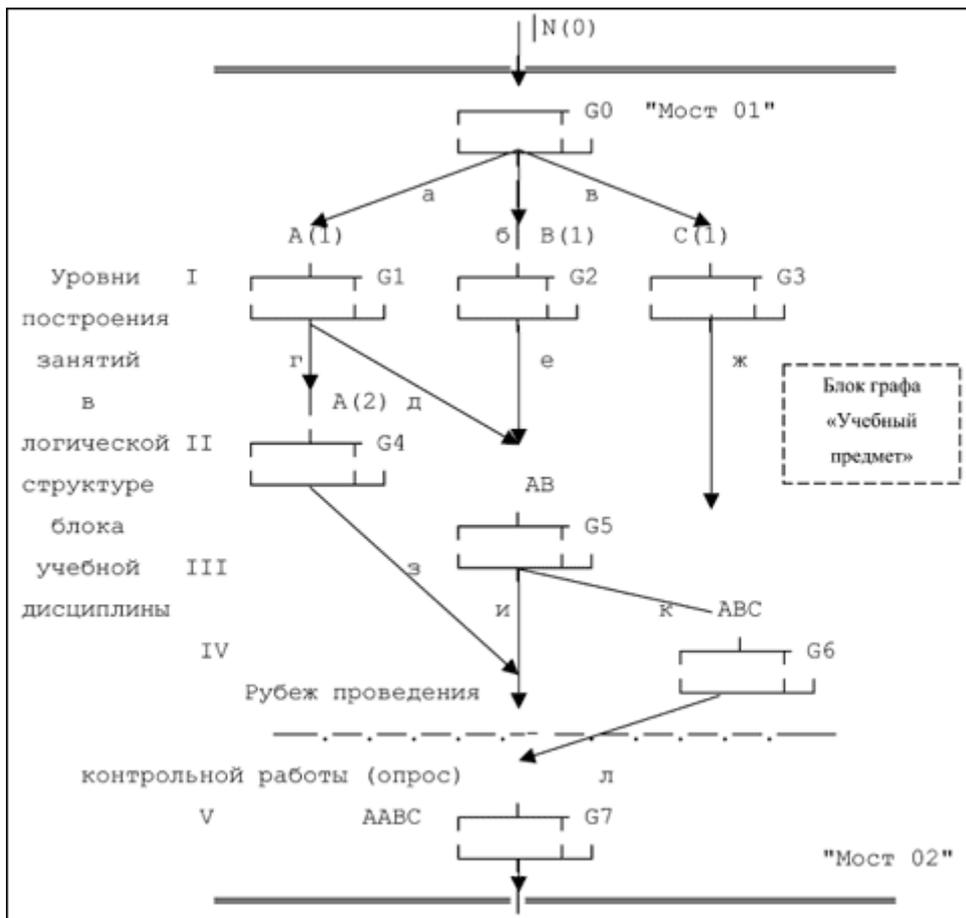


Рис. 1. Реализация стратегий оптимизации построений учебных занятий
РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТЕЙШИХ СТРАТЕГИЙ
 [Пошаговый импульс информации (функция дуги G_i) принят равным 1]

Стратегия "столбцов"; Маршрут "С"								Стратегия "уровней"; Маршрут "У"																
Номера и 1 2 3 4 5 6 7 рованный								Номера и 1 2 3 4 5 6 7 рованный																
вершины G0-A(1)-A(2)-B(1)-AB-C(1)-ABC-AABC граф								вершины G0-A(1)-B(1)-C(1)-A(2)-AB-ABC-AABC граф																
переходов								переходов																
Таблица 1								Таблица 2																
	1	2	3	4	5	6	7		T		A(1)		1	2	3	4	5	6	7		T		A(1)	
	a	0							0		A(2)		a	0								0		B(1)
	б	1	1						2		B(1)		б	1	0							1		C(1)
	в	1	1	1	1				4		AB		в	1	1	0						2		A(2)
	г	0							0		C(1)		г	0	1	1	0					2		AB
	д	0	1	1					2		ABC		д	0	1	1	0					2		ABC
	е	0									AABC		е	0		1	1	0				2		AABC
	ж	0							0				ж	0		1	1	0				2		
	з	0		1	1	1	1		4				з	0			1	1	0			2		
	и	0			1	1			2				и	0				1	0	1				
	к	0			1				1				к	0								0		
	N	2	3	3	2	3	2		0		15		N	2	3	3	3	2	2	0		15		

ПРОСТЕЙШИЕ СТРАТЕГИИ

Итоги первичного анализа схемы I:

СТРАТЕГИЯ СТОЛБЦОВ (СТ)

$N_c = 6$ $T_c \max = 4;$

$M_c = 2,25$ $T_c \text{ sum} = 15;$

СТРАТЕГИЯ УРОВНЕЙ (СУ)

$N_y = 6$ $T_y \max = 2;$

$M_y = 2,15$ $T_y \text{ sum} = 15;$

СХЕМА II

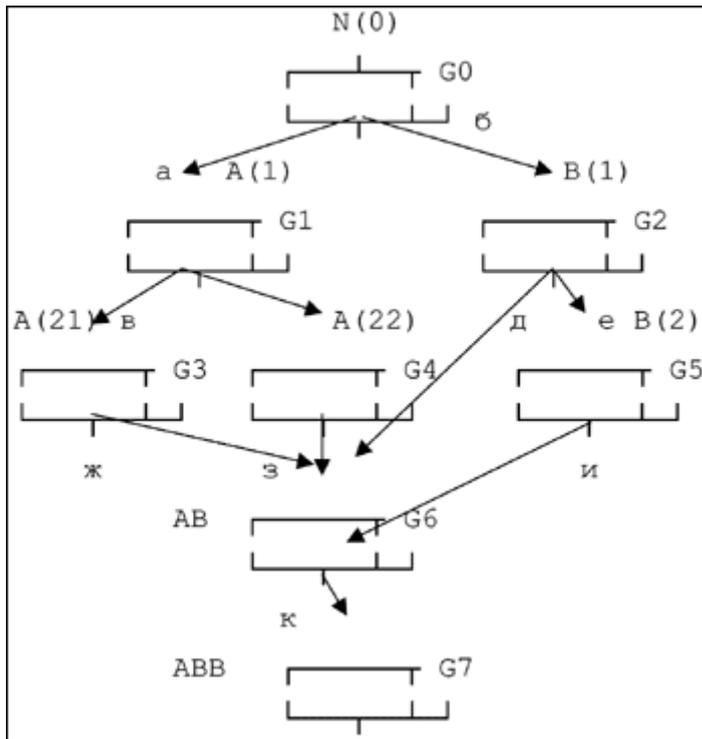


Рис. 2. Реализация стратегий оптимизации (схема II)

Стратегия "столбцов"; Маршрут "С"	Линеаризованный граф	Стратегия "уровней"; Маршрут "У"	Линеаризованный граф																																																																																																																																																																																																						
Номера и вершины переходов		Номера и вершины переходов																																																																																																																																																																																																							
1 2 3 4 5 6 7		1 2 3 4 5 6 7																																																																																																																																																																																																							
N(0) → A(1) → A(21) → A(22) → B(1) → AB → B(2) → ABB	N(0)	N(0) → A(1) → B(1) → A(21) → A(22) → B(2) → AB → ABB	N(0)																																																																																																																																																																																																						
Таблица 3		Таблица 4																																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>Т</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>а</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>б</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>в</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>г</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>д</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>е</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ж</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>з</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>и</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>к</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Т	а	0							0	б	1	2	3	0				3	в	0							0	г		1	0					1	д				0	0			0	е				1	0			1	ж			1	2	0			2	з				1	0			1	и								0	к					1	0		1	9	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>Т</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>а</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>б</td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>в</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>г</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>д</td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>е</td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ж</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>0</td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>з</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>и</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>к</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Т	а	0							0	б	1	0						1	в	0	1	0					1	г	0	1	2	0				2	д	0		1	2	3	0		3	е	0		1	2	0			2	ж	0			1	2	0		2	з	0				1	0		1	и	0					1	0	1	к							0	0	13
	1	2	3	4	5	6	7	Т																																																																																																																																																																																																	
а	0							0																																																																																																																																																																																																	
б	1	2	3	0				3																																																																																																																																																																																																	
в	0							0																																																																																																																																																																																																	
г		1	0					1																																																																																																																																																																																																	
д				0	0			0																																																																																																																																																																																																	
е				1	0			1																																																																																																																																																																																																	
ж			1	2	0			2																																																																																																																																																																																																	
з				1	0			1																																																																																																																																																																																																	
и								0																																																																																																																																																																																																	
к					1	0		1																																																																																																																																																																																																	
	1	2	3	4	5	6	7	Т																																																																																																																																																																																																	
а	0							0																																																																																																																																																																																																	
б	1	0						1																																																																																																																																																																																																	
в	0	1	0					1																																																																																																																																																																																																	
г	0	1	2	0				2																																																																																																																																																																																																	
д	0		1	2	3	0		3																																																																																																																																																																																																	
е	0		1	2	0			2																																																																																																																																																																																																	
ж	0			1	2	0		2																																																																																																																																																																																																	
з	0				1	0		1																																																																																																																																																																																																	
и	0					1	0	1																																																																																																																																																																																																	
к							0	0																																																																																																																																																																																																	

ПРОСТЕЙШИЕ СТРАТЕГИИ

Итоги первичного анализа:

СТРАТЕГИЯ СТОЛБЦОВ (СТ)

$N_c = 6$ $T_c \max = 3$;

$M_c = 1,625$ $T_c \text{ sum} = 9$;

СТРАТЕГИЯ УРОВНЕЙ (СУ)

$N_y = 8$ $T_y \max = 3$;

$M_y = 1,5$ $T_y \text{ sum} = 13$;

Схема III

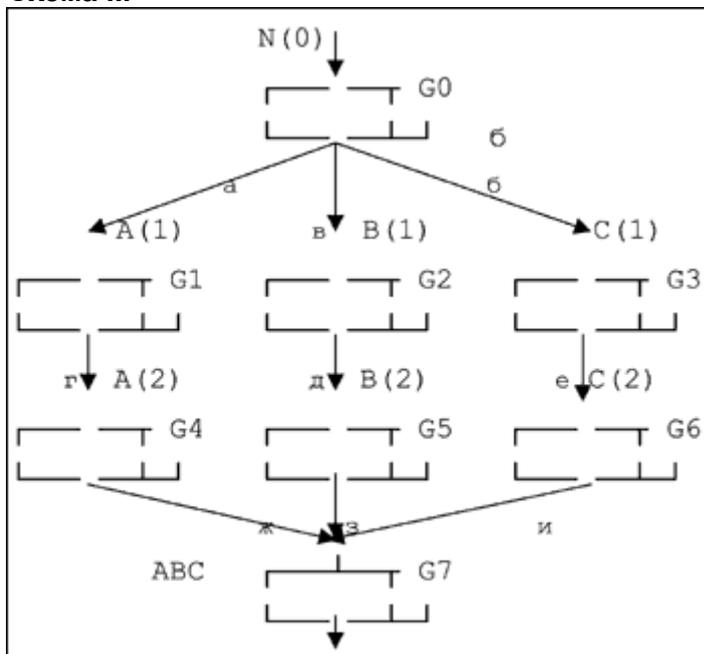


Рис. 3. Реализация стратегий оптимизации учебного процесса (схема III)

Стратегия "столбцов"; Маршрут "С"								Линеаризи-	Стратегия "уровней"; Маршрут "У"								Линеаризи-	
Номера и вершины переходов								рованный	Номера и вершины переходов								рованный	
1	2	3	4	5	6	7	граф		1	2	3	4	5	6	7	граф		
N(0)→A(1)→A(2)→B(1)→B(2)→C(1)→C(2)→ABC								[N(0)]	N(0)→A(1)→B(1)→C(1)→A(2)→B(2)→C(2)→ABC								[N(0)]	
Таблица 5									Таблица 6									
	1	2	3	4	5	6	7	Т		1	2	3	4	5	6	7	Т	
а	0							0	а	0							0	
б	1	2	0					2	б	1	0						1	
в	1	2	3	4				4	в	1	2	0					2	
г		0						0	г		1	2	0				2	
д				0				0	д			1	2	0			2	
е					0			0	е	0			1	2	0		2	
ж			1	2	3	4	0	4	ж	0				1	2	0	2	
з					1	2	0	2	з	0					1	0	1	
и						0		0	и	0						0	0	
12 ABC									12 ABC									

ПРОСТЕЙШИЕ СТРАТЕГИИ

СТРАТЕГИЯ СТОЛБЦОВ (СТ)

$N_c = 4$ $T_c \max = 3$;
 $M_c = 3,00$ $T_c \text{ sum} = 12$;

СТРАТЕГИЯ УРОВНЕЙ (СУ)

$N_y = 7$ $T_y \max = 3$;
 $M_y = 1,71$ $T_y \text{ sum} = 12$;

Некоторые наблюдения и результаты решения графа, представленного на рис. 1:

1) реализация стратегии столбцов даёт меньшее (6) число дуг графа, напряжённых ожиданием использования отложенной информации, чем стратегия уровней (8), т.е. в первом случае меньше занятий, материал которых не востребован на следующем за ним занятии (занятиях), а отложен на несколько шагов;

2) максимальное суммарное время «Т» задержки востребования сообщённого материала составило в обеих стратегиях равное число относительных единиц — по 15; за единицу отсчёта в этом случае принимается одно занятие;

3) среднее время ожидания больше в случае применения стратегии столбцов ($2,25 > 2,15$);

4) однако максимальное время отсрочки востребования в первом варианте ($T_c \max = 4$) больше, чем во втором ($T_y \max = 2$).

Анализ схем II и III в дальнейшем проводится по предложенному алгоритму.

Отметим, что в стратегии СТ (схема II, рис. 2) наибольшая «задержка» наблюдается в начале блока, а в стратегии СУ на той же схеме — перед заключительным «мостом»; дальнейший анализ показывает, что:

1) реализация стратегии столбцов и стратегия уровней дают примерно равное число дуг графа, напряжённых ожиданием использования отложенной информации (6 и 8); одновременно возникает проблема равенства (паритета) вариантов; искомое решение лежит на пути привлечения дополнительного критерия — например, приоритетности более сложного

по содержанию занятия, либо выбор занятия, проведение которого строго обязательно по предложенному плану-расписанию уроков.

2) максимальное суммарное время «Т» задержки востребования сообщённого материала равно 9 в стратегии столбцов против 13 в стратегии уровней, что представляет значительную величину;

3) среднее время ожидания чуть больше в случае применения стратегии столбцов ($1,625 > 1,5$);

4) однако максимальное время отсрочки равно в обоих случаях $T_c \max = T_u \max = 3$.

Выводы по результатам анализа схемы III:

1) реализация стратегии столбцов даёт меньшее (4) число дуг графа, напряжённых ожиданием использования отложенной информации, чем стратегия уровней (7), т.е. в первом случае меньше занятий, материал которых не востребован на следующем за ним занятии (занятиях), а отложен на несколько шагов;

2) максимальное суммарное время «Т» задержки востребования сообщённого материала равно 12 единицам в обеих стратегиях;

3) среднее время ожидания при использовании стратегии столбцов составило 3,00, а стратегия уровней нагружает в среднем весь процесс изучения рассматриваемого блока ожиданием в 1,71 единиц;

4) максимальное время отсрочки востребования в первом варианте ($T_c \max = 4$) больше, чем во втором ($T_u \max = 2$).

В проведённом анализе реализованы лишь две наипростейшие стратегии и принят во внимание только один из множества параметров, определяющих комплексное значение функций $G(i)$, к тому же ему априори присвоено постоянное значение. Реальные же модели, в различной степени приближения отражающие для всех элементов действительное положение и полные качественные характеристики (в том числе рассмотренные особенности изложения учебной информации) каждого из них, дают возможность привлекать различные средства и методы исследований (например, методы вепольного и морфологического анализа), позволяющие проанализировать практически все варианты решений этой задачи и предоставить преподавателю некоторый набор алгоритмов и критериев формирования учебного процесса. Это позволит ему принимать более обоснованные решения о претворении в практику выбранных вариантов построения схем последовательности учебных занятий.

Рассмотренная организация изучения отдельной учебной темы (блока учебного процесса) представляет собой упрощённую купированную модель конструирования общей структуры и единичный плоскостной срез (страт) практического варианта воплощения идеологии модульного обучения. Полное построение модели проектирования учебного процесса осуществляется конструированием интегративно-модульной структуры как минимум в трёхмерном пространстве.

В этом случае ОБРАЗ МОДУЛЯ представляется некоторым параллелепипедом, имеющим логико-временное взаимное проникновение с подобными граничащими с ним блоками, образующими единство элементов учебного процесса, представляющего общую ситуацию процесса обучения. Регистрируемое наложение-проникновение блоков-элементов наиболее эффективно оценивается и анализируется при пересечении в каждой единичной ситуации 2–3 (максимум 5) блоков, что позволяет при привлечении соответствующего критериального аппарата выделить некоторый оптимальный вариант последовательности изучения разделов, проведения занятий, этапного контроля.

Реализация принципов интегративно-модульного обучения, частный алгоритм которого представляет данная модель, позволяет дискретизировать процесс обучения для дальнейшего анализа и оптимизации общего объёма учебного материала до уровня разделов, стадий, тем, приёмов. Структура модуля, наделённая всеми признаками мягкой, динамичной технологичности, должна содержать этап, обеспечивающий его включение в качестве подчинённого элемента в состав общего маршрута обучения более сложной организации либо предоставляющий широкие возможности использования данного модуля в маршрутах иных конфигу-

раций и сочетаний, создаваемых в соответствии с изменяющимися оперативными, тактическими и стратегическими целями обучения. Такая конструкция учебного модуля позволяет достаточно быстро и сравнительно малозатратно модернизировать различные варианты основных элементов учебного процесса.

Области контактного пересечения (наложения) отдельных учебных модулей по краевым условиям задачи обеспечения связности и преемственности изложения и изучения, как отдельных блоков, так и в целом разделов учебной дисциплины (оптимизация возможна только при конечном перечне аргументов учебных функций), образуют строго описанные дополнительно-исключительные по топологической структуре матрицы-векторы релевантного (необходимого и достаточного для решения задачи объёма) сочетания. Границы (матрицы переходных параметров) формируются в простейшем случае из триад, определяющих формы и содержание процедур перехода от одного учебного элемента к другому.

По итогам анализа конкретного графа выстраивается линейная цепь последовательно проводимых занятий (например, отдаётся предпочтение маршруту «У», т.е. стратегии уровней). При выработке решения о выборе конкретной стратегии обучения необходимо принимать во внимание и то обстоятельство, что любая перестановка в последовательности занятий вынуждает изменять, трансформировать все функции и параметры занятий, располагаемых в графе «Учебный предмет» ниже базового, претерпевшего изменения либо находящегося на верхней границе перемены первоначальной последовательности, т.е. изменяются цели, задачи, содержание, мотивация и т.д. каждого последующего подчинённого занятия. При этом могут изменяться формы, методы и частные методики проведения занятий, виды, сроки занятий и другие параметры общей стратегии учебного процесса. Фактически любые изменения качественного и количественного состояния подмножества учебных элементов каждого занятия модифицируют концепцию генерального множества элементов данной области учебного процесса. Накапливаются, регистрируются, анализируются условия, параметры, объёмы внутренних базальных свойств рассматриваемой системы.

Энергично выраженная в рассмотренном методическом примере способность модулированного учебного процесса к структурированию учебного материала изучаемых дисциплин позволяет наглядно представить линеаризованную организацию процесса обучения в масштабе любого учебного предмета в виде полюсного графа (в общем описании задачи он назван «Предмет»).

Поисковые исследования проводятся на основе и с учётом:

- предварительно заданных функций коррекций основных элементов учебных занятий (целей, задач, учебных функций, видов контроля и т.д.); при этом оговариваются глубина и степень подробности разбиения каждого аргумента, а также его исходная отправная форма и вид;
- назначенной либо точно определяемой в процессе экспериментальных исследований частоте внесения изменений,
- степени необходимости и достаточности принимаемых решений по реконструкции ранее принятой схемы проведения занятий (оценка может проводиться, например, по времени, достигаемым баллам, степени обученности учащихся и т.д.);
- заданного предела стоимости (суммарных затрат на проведение) учебного занятия (η) [эта];
- оценок предполагаемых затрат на обеспечение учебного процесса;
- возможностей изменения методики проведения занятий, замены либо дополнения дидактического материала, коррекции содержания, увеличения либо уменьшения затрачиваемого учебного времени и т.д.

В этом случае алгоритм построения графа, предоставляя простой механизм анализа, и иногда даже проектирующего анализа, основанного на доверительных статистиках, подготавливает вариатив (набор в различной степени достоверных) перспективных решений по организации учебного процесса — окончательный выбор остаётся за преподавателем. При этом анализ совершенно диагностично (на уровне, задаваемом преподавателем) разделяет вариатив

тивные и инвариантные составляющие учебного процесса, предоставляя педагогу возможность вносить рекомендации и коррекции в ход всего последующего процесса после каждого занятия.