

5. Сафин Р.С., Сучкова Т.В. Самостоятельная образовательная деятельность как средство развития профессиональных и личностных качеств студентов технического вуза // Изв. КГАСУ. – 2007. – № 1. – С. 103.
6. Снежко А.П., Батура Г.М. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие. – Киев: Выща шк., 1991. – 200 с.
7. Соболева В.В. Теоретические основы метода сквозного проектирования объектов профессиональной деятельности инженера-строителя при изучении курса общей физики // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3.
8. Соболева О.В. Формирование творческого мышления будущего инженера в курсовом и дипломном проектировании // Вестн. ТГПУ. – 2009. № 11. – С. 36–38.
9. Титова Г.Ю. Организация самостоятельной работы студентов на основе контекстного подхода в профессиональной подготовке социальных педагогов в педвузе: дис. ... канд. пед. наук. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2005. – 186 с.
10. Есипов Б.П. Самостоятельная работа учащихся на уроке. – М.: Учпедгиз, 1961. – 239 с.



УДК 004.78 : 378.147

**С.А. Бронов, Е.А. Степанова,
К.В. Калиновский, И.В. Соколов, Н.С. Храброва**

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ ВУЗА НА ОСНОВЕ МАССИВА ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ

Рассмотрен новый подход к автоматизированному анализу и синтезу учебных планов вуза, основанный на использовании массива дидактических единиц, из которых выстраиваются образовательные цепочки, которые затем оформляются в виде учебных дисциплин. Таким образом, обеспечивается процесс "снизу вверх" от дидактических единиц через модули и учебные дисциплины к учебному плану.

Ключевые слова: учебный план, синтез, автоматизированное проектирование.

*S.A. Bronov, E.A. Stepanova,
K.V. Kalinovskiy, I.V. Sokolov, N.S. Xrabrova*

THE AUTOMATED ANALYSIS AND SYNTHESIS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION CURRICULA ON THE BASIS OF THE DIDACTIC UNIT ARRAY

The new method for the automated analysis and synthesis of higher educational institution curricula based on the use of the didactic unit array that later is formalized in the form of academic disciplines is considered. Thus, the "bottom-up" process from didactic units through modules and academic disciplines to the curriculum is provided.

Key words: curriculum, synthesis, computer-aided design.

Проблематика формирования учебных планов вуза. Учебные планы (УП) являются основой учебного процесса и содержат перечень учебных дисциплин (УД) с указанием временных границ их преподавания (семестры, их количество), видов аудиторных занятий (лекции, практические и лабораторные занятия), видов самостоятельной работы студентов (курсовые проекты и работы), выделяемых для этого часов и зачётных единиц, видов контроля (экзамен, зачёт). На основе учебных планов разрабатываются рабочие программы дисциплин (РПД), которые содержат исчерпывающий перечень дидактических единиц (ДЕ).

В настоящее время при ручном формировании УП вначале создаётся перечень УД (в ФГОС ВПО это, прежде всего, базовые УД, а также вариативные УД из примерного УП), затем на основе экспертных оценок они распределяются по семестрам, а затем уже разрабатываются соответствующие РПД, которые наполняются ДЕ. Объективно УД связаны между собой через содержащиеся в них ДЕ, но при ручном формировании УП часто оказывается, что эти связи плохо выстроены, кроме того, слабо учитывается ограниченность временных ресурсов и необходимость разделения времени между параллельно изучаемыми УД. Это связано с тем, что РПД разрабатываются отдельными преподавателями, не имеющими возможности учитывать особенности РПД других УД.

В то же время появление новых образовательных стандартов предъявляет дополнительные требования к качеству и скорости разработки УП. Во-первых, делается упор на увеличение учебных дисциплин по выбору, а также на предоставление учащимся возможности выбора индивидуальных образовательных траекторий. Во-вторых, быстрое развитие всех областей знаний предполагает частую коррекцию УП. В-третьих, академическая мобильность в сочетании со свободой введения учебных дисциплин по решению вуза приводит к тому, что учащиеся могут учиться в течение срока обучения по нескольким учебным планам различных вузов. В-четвёртых, отчисление и восстановление учащихся приводят к тому, что им приходится восполнять изученные другими учащимися УД. Всё это делает очень затруднительным ручное формирование УП.

В ряде научных работ [1–6] рассматриваются различные варианты автоматизированного синтеза УП. В простейших случаях решается задача распределения УД по семестрам с учётом ограничений, задаваемых ФГОС ВПО. В более сложных системах учитываются логические цепочки последовательно изучаемых УД с учётом их взаимосвязи.

В некоторых работах УД рассматриваются на уровне модулей, и тогда обеспечивается сравнительно детализированная структура УП. При этом разделение УП на УД осуществляется экспертизой. В настоящее время автоматизированное формирование УП встречается редко [7, 8], о чём свидетельствует обилие методических материалов, представленных на сайтах вузов, которые содержат рекомендации именно по ручному формированию УП. Это означает, что проблема автоматизации синтеза УП остаётся актуальной и требует развития новых идей.

Автоматизация синтеза учебных планов на основе массива дидактических единиц. Общая тенденция научных исследований, связанных с автоматизацией синтеза УП вуза, направлена на детализацию материала: учебный план – учебная дисциплина – модуль. В некоторых случаях детализация достигает уровня ДЕ, но, как правило, лишь для конкретизации взаимосвязи модулей или учебных дисциплин.

В данной работе предлагается именно ДЕ взять за основу синтеза УП и осуществлять синтез "снизу вверх" – от частного к общему, т.е. от ДЕ к УП.

Этот подход не является простым, что, видимо и обусловило то, что многие исследователи ограничиваются детализацией на уровне модулей. Но кардинальное решение проблем формирования УП связано именно с реализацией предложенного подхода.

Предполагается, что для каждого профиля бакалавриата или специальности можно сформировать общий массив ДЕ, указав связи между ними. Дидактическая единица – элемент компетенций, неделимый в рамках рассматриваемого учебного процесса. Поскольку компетенция есть единство знаний, умений и навыков, то и дидактические единицы могут быть разного рода: дидактическая единица знаний, дидактическая единица умений, дидактическая единица навыков.

В рамках компетенций дидактические единицы знаний, умений и навыков соединяются в систему и получают свойство эмерджентности, т.е. их совместное (цельное) использование обладает дополнительными свойствами по сравнению со свойствами отдельных составляющих, что и порождает определённую компетенцию.

Примером ДЕ знаний могут служить понятия различных наук, законы природы, математические методы и т.п. Примером ДЕ умений может служить способность учащегося выбрать и применить на практике те или иные методы в соответствии с типом решаемой задачи. Примером ДЕ навыков может служить готовность выполнять те или иные заученные до автоматизма действия в рамках профессиональной деятельности. Обычно при автоматизации анализа и синтеза УП учитываются только ДЕ знаний, которые легко получаются из содержания УД. ДЕ умений и навыков практически не встречаются.

Существует тесная связь между ДЕ знаний, умений и навыков: ДЕ знаний являются основой для ДЕ умений, которые в свою очередь являются базой для ДЕ навыков. Одна и та же ДЕ знаний может порождать несколько ДЕ умений (например, применение одного и того же общего метода для различных объектов). Также и одна ДЕ умений может отражаться в практической области через несколько ДЕ навыков (например, навыки подготовки текста в различных версиях программы MS Word).

Основой общего массива ДЕ является массив ДЕ знаний. Он задаётся в виде орграфа, в котором ДЕ представляются вершинами. Рёбра такого орграфа не имеют информационного смысла, кроме обозначения связи одних ДЕ с другими. Такой орграф может быть представлен матрицей (наглядная, но громоздкая форма) или списком (компактная, но менее наглядная форма). При матричном представлении массива ДЕ формируется табл. 1.

Таблица 1

Матричное представление массива ДЕ в общем виде

	→ДЕ1	→ДЕ2	...	→ДЕn
ДЕ1→	$d_{1,1}$	$d_{1,2}$...	
ДЕ2→	$d_{2,1}$	$d_{2,2}$...	$d_{2,n}$
...
ДЕn→	$d_{n,1}$	$d_{n,2}$...	$d_{n,n}$

По строкам и столбцам располагаются ДЕ с соответствующими номерами в одной и той же последовательности. В ячейках располагаются указатели на связь выходов ДЕ по строкам (в левом столбце) с ДЕ по столбцам (в верхней строке): если связь есть, то проставляется 1, если связи нет, то проставляется 0 (табл. 2).

Матрица является квадратной, поэтому имеет главную диагональ: 1 выше главной диагонали показывает, что связь между ДЕ направлена слева вверх, а 1 ниже главной диагонали, показывает, что связь между ДЕ направлена сверху влево и является обратной.

Таблица 2

Пример матричного представления массива ДЕ

	→ДЕ1	→ДЕ2	→ДЕ3	→ДЕ4	→ДЕ5	→ДЕ6	→ДЕ7
ДЕ1→	0	1	0	0	0	1	0
ДЕ2→	0	0	1	1	0	0	0
ДЕ3→	0	0	0	1	0	0	0
ДЕ4→	0	1	0	0	0	0	1
ДЕ5→	0	0	0	0	0	0	0
ДЕ6→	0	0	0	0	0	0	0
ДЕ7→	0	1	0	0	0	0	0

В корректно построенных УП обратных связей не должно быть, так как они означают изучение ДЕ на основе ДЕ, которая сама будет изучаться позже: это соответствует контуру. Таким образом, изучение вида матрицы в табл. 2 может дать много информации о структуре отдельных УД или всего УП.

ДЕ могут быть разделены на два типа:

- 1) элементарные ДЕ, вводимые в процессе изучения;
- 2) составные ДЕ, формируемые на основе предыдущих ДЕ.

Первоначальные ДЕ учащиеся получают на предыдущем уровне обучения (например, в средней школе). Комбинация этих исходных элементарных ДЕ порождает новые ДЕ более сложной структуры – составные ДЕ. Например, ДЕ из курса элементарной физики и алгебры порождают законы электрических цепей Кирхгофа в электротехнике.

В процессе обучения преподавателями привносятся также новые элементарные ДЕ, которые не были получены в школе и не являются результатом комбинирования уже изученных ДЕ. Например, в электронике изучаются транзисторы, которые не изучались в школе.

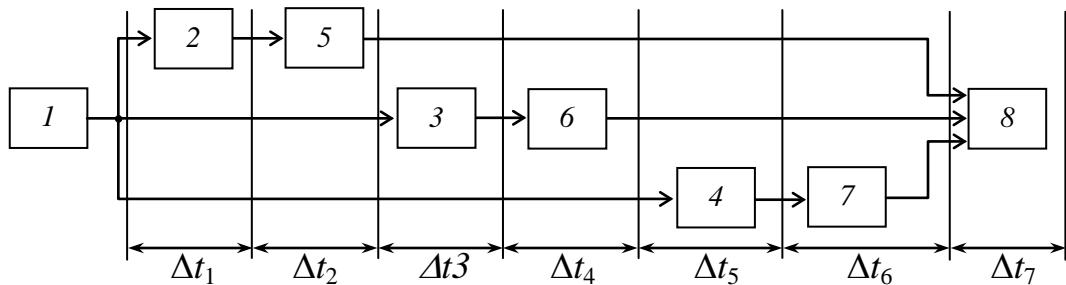
На самом деле любое новое знание формируется на основе уже полученных ранее элементов знания. Но в некоторых случаях для освоения новых ДЕ используется общая культурная подготовка учащегося, и в этом случае ДЕ считается элементарной.

При формировании составных ДЕ используются как элементарные ДЕ, так и составные, полученные на более ранних стадиях изучения. Каждой ДЕ может быть приписано время её формирования на основе других ДЕ. Элементарные ДЕ не имеют входных ДЕ, а потому время их изучения определяется самой ДЕ. Составные ДЕ имеют входные ДЕ, поэтому время на их изучение обусловлено взаимодействием всех входных ДЕ.

Основой общего массива ДЕ являются ДЕ знаний. Из них получают массив ДЕ умений, связанных с соответствующими ДЕ знаний. Каждая ДЕ умений может порождать одну или несколько ДЕ навыков. Эти ДЕ также могут быть элементарными или составными. Целесообразно делать пометки для ДЕ соответствующего вида. Тогда при автоматизированном анализе можно выявить, связаны ли получаемые знания с умениями и навыками. Комбинация этих элементов может трактоваться как определённая компетенция, что открывает

возможность автоматизированного выявления реализуемых в той или иной дисциплине компетенций. Но для этого нужно связать компетенции с определённым сочетанием знаний, умений и навыков.

На основе матрицы ДЕ формируются граф ДЕ в виде параллельных ветвей. Каждая такая ветвь может выделяться в виде учебной дисциплины. Зная время на изучение каждой ДЕ, можно определить общее время, требующееся для освоения соответствующей цепочки ДЕ. В процессе анализа можно сформулировать рекомендации, какие ДЕ следует изучать аудиторно с преподавателем, а какие в рамках самостоятельной работы студентов. Разделение ДЕ на такие группы можно делать, руководствуясь различными принципами. Например, если заранее пометить возможность изучения ДЕ самостоятельно, или, наоборот, необходимость изучения её обязательно аудиторно. При построении цепочек ДЕ может оказаться, что имеется несколько параллельных цепочек, которые нецелесообразно представлять в виде отдельных дисциплин: тогда одна из цепочек становится аудиторной, а остальные – для самостоятельного изучения (рис.).



Временная структурная схема блока дидактических единиц

Зная время изучения каждой ДЕ, можно определить время, необходимое для изучения каждой цепочки, и разместить её в том или ином семестре. Может оказаться, что после размещения УД остаётся свободное время, следовательно, можно добавить ДЕ. Если же цепочка ДЕ выходит за пределы семестра, необходимо исключить некоторые ДЕ. Если на стадии формирования массива ДЕ указать их приоритет, то можно выполнить эту операцию автоматизированно: ДЕ будут убраны, но затем проектировщик УП должен будет проверить корректность работы программы.

Формирование общего массива ДЕ в едином процессе затруднительно, так как предполагает наличие экспертов, одинаково компетентных во всех областях знаний, предлагаемых учащимся. Поэтому реально такая работа может осуществляться постепенно путём объединения частных массивов ДЕ, подготовленных для отдельных областей знаний соответствующими экспертами (как правило, преподавателями).

Анализ учебного плана выполняется "сверху вниз". Эту работу можно проделать, начав с традиционной технологии, при которой выполняется предварительное структурирование учебного процесса с выделением укрупнённых учебных дисциплин (областей знаний). Затем для каждой учебной дисциплины соответствующие эксперты (например, преподаватели) формируют локальный массив ДЕ. Правила формирования локальных массивов должны быть едиными для всех учебных дисциплин. В результате появляются локальные матрицы связей ДЕ, которые затем объединяются в общую матрицу по профилю подготовки.

Возможны два подхода к структурированию учебного материала: с его обобщением до уровня области знаний (математика в целом, электротехника в целом и др.) или с детализацией на уровне сравнительно небольших модулей (дифференциальное исчисление, преобразование Лапласа, теория цепей постоянного тока, теория цепей переменного тока и др.).

Использование того или иного подхода, вообще говоря, определяется составом экспертовых групп. Для первого случая требуются эксперты с широким кругозором, а для второго – с большей степенью специализации. В случае разработки частных массивов для отдельных модулей больше вероятность попадания одинаковых ДЕ в разные модули.

Объединение частных массивов ДЕ предусматривает выявление одинаковых ДЕ и сведение их к одной ДЕ с несколькими входами и выходами. Это позволит определить наличие контуров, которые затем следует преобразовать в линейную структуру.

Коррекция учебных планов в данном случае заключается в том, чтобы заменить часть ДЕ новыми: возможно в рамках новой области знаний или с учётом изменения уже существующей в УП. После этого заново переформировывается общий массив ДЕ, выстраиваются новые цепочки ДЕ и возможно меняется со-

держание отдельных УД. При этом появляется возможность автоматически получить состав ДЕ для каждой изменённой УД, что существенно упрощает переработку РПД с возможностью последующей автоматизации этого процесса.

Предварительное структурирование должно выполняться по определённым правилам:

1) все учебные дисциплины разделяются на модули с тем, чтобы каждый модуль занимал менее одного семестра;

2) все вариативные дисциплины для начала выбираются односеместровыми с трудоёмкостью 3–5 зачётных единиц;

3) для каждого модуля формулируется цель, задачи изучения и содержание для последующего выделения ДЕ;

4) все ДЕ классифицируются:

а) по виду компетенций, отражающих:

– знания;

– умения;

– навыки;

б) степени общепринятости:

– общепринятые ДЕ на уровне законов, методов, способов и т. п. (например, второй закон Ньютона, метод численного интегрирования Рунге-Кутты);

– ДЕ, отражающие особенности изучения данной дисциплины (модуля) с точки зрения эксперта (например, правила оформления документации, методика проектирования конкретного объекта, выполнение конкретной операции в прикладной программе);

– новые результаты, не представленные ранее в учебной литературе и создаваемые впервые как ДЕ для учебного процесса;

в) степени детализации:

– максимально детализированные (например, теоремы с полным доказательством);

– средняя степень детализации (подробное объяснение без доказательств);

– общее представление (знакомство на уровне понятия);

г) автономности:

– ДЕ, используемые автономно (отдельные законы, понятия);

– ДЕ, используемые совместно с другими дидактическими единицами (в рамках методик и т. п.).

В результате создаётся база знаний по определённой тематике (программирование, моделирование, экспериментальные исследования и т. д.). Она является моделью *сознания* идеального учащегося. Можно представить себе учащегося с идеальной работоспособностью, идеальной памятью и достаточным временем для обучения (не нуждающегося, например, в дополнительном заработке и не теряющего времени на это), тогда получится идеальный вариант выпускника со 100-процентной степенью усвоения всего материала.

При этом возникают два вопроса. Какими должны быть знания идеального выпускника? Какими будут знания реального выпускника с учётом забывания, пропуска занятий, нехватки времени и т.д.?

Ответ на первый вопрос должен даваться детерминированными методами синтеза. Главное здесь обеспечить "втискивание" всего объёма ДЕ в ограниченные рамки времени, отпущенное на обучение (четыре года для бакалавриата). Результатом является учебный план с выделением учебных дисциплин, распределением их по семестрам. Каждая учебная дисциплина охватывает некоторый массив ДЕ и имеет некоторое (условное) название.

Ответ на второй вопрос даётся стохастическими методами анализа (имитационного моделирования) ранее синтезированного учебного процесса с учётом различных случайных факторов (забывчивости обучаемого, выпадения отдельных занятий, недостаточной квалификации преподавателей и т. д.). Результатом такого анализа является оценка реального усвоения ДЕ. При этом цели анализа могут быть разными:

- определить, сколько учебных дисциплин будет изучено с заданной степенью усвоения (100, 90 % и т.д.);

- определить, с какой степенью усвоения будет изучен основной корпус ДЕ (100, 90, 80, 50 % и т.д.).

Возможны и другие постановки задачи. В реальности ситуация может быть иной, и её оценку следует производить экспериментально с помощью оценочных средств. Можно использовать тестирование, классические экзамены и т. д.

Тестирование является очень эффективным способом оценки знаний, но оно даёт специфические результаты, которые нужно правильно интерпретировать. С одной стороны, с помощью тестирования можно проверить весь объём знаний (а не выборочно, как это происходит на обычном экзамене по билетам). С другой стороны, при тестировании проверяются не столько знания, сколько память обучаемого, т. е. только те

знания, которые он помнит. Очевидно, что далеко не всё необходимо помнить наизусть. Следует определиться по каждой ДЕ, какой контроль нужен для выявления того, как она усвоена. То есть появляется дополнительная задача – автоматизированное формирование контрольно-измерительных материалов с выбором их типа (тесты, творческие задания и др.). Следует их классифицировать и выбрать методику их формирования. Некоторые ДЕ могут проверяться автономно (по отдельности), а некоторые – ансамблями (совместно с другими). Автономная проверка ДЕ может быть разного рода. Их следует классифицировать с точки зрения типа контроля. Ансамблевая проверка может быть очень разнообразной в зависимости от того, какие ДЕ объединяются для совместного контроля. Например, совместное использование ДЕ по электротехнике может приводить к той или иной методике анализа цепей постоянного или переменного тока. Автономная проверка может быть сформирована автоматически, а ансамблевая вручную.

Выводы

1. Предлагаемый подход в настоящее время реализуется в направлении детального анализа проблем, обозначенных в статье, с применением рассмотренных способов их решения.
2. Новизна предложенного подхода заключается в том, что предложено использовать в качестве основы для синтеза учебного плана массив дидактических единиц, формировать общий массив дидактических единиц из частных массивов дидактических единиц по областям знаний, формировать цепочки дидактических единиц, распределение их во времени и выделять на этой основе учебные дисциплины (возможно с нетрадиционными содержанием и названием), автоматически формировать массив дидактических единиц для контрольно-измерительных материалов.
3. Создание на данной основе алгоритмов и их программная реализация позволят автоматизировать синтез учебных планов, включая корректировку при изменении состава дидактических единиц.

Литература

1. Дамбаева С.В. Модели и методы принятия решений задачи формирования учебного плана специальности в условиях неопределенности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 2004. – 24 с.
2. Демаков В.И. Математическое моделирование процесса формирования учебных планов для высших учебных заведений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2006. – 16 с.
3. Лавлинская О.Ю. Модели, методы и алгоритмы управления процессом оптимального формирования учебного плана с учётом внешних требований: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2008. – 17 с.
4. Наумова С.В. Модели и методы автоматизированного синтеза учебных планов высшего образования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2005. – 20 с.
5. Темралиева А.Я. Автоматизированная система формирования учебных планов с процедурой вычисления кредитов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Астрахань, 2004. – 28 с.
6. Трофимова О.К. Автоматизация процесса составления учебных планов вузов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1999. – 28 с.
7. Норенков И.П., Уваров М.Ю. База и генератор образовательных ресурсов / МГТУ им. Н.Э. Баумана // Информационные технологии. – 2005. – № 9. – С. 60–65.
8. Методологические проблемы автоматизированного формирования образовательных программ в рамках ФГОС ВПО / С.А. Бронов, Е.А. Степанова, Ю.М. Кудрявцева [и др.] // Современные информационные технологии и IT-образование: сб. изб. тр. VII науч.-практ. конф. – М., 2012. – С. 103–111.

