

УДК 519.17

Ю. С. КАБАЛЬНОВ, Е. А. КУЗЬМИНА, А. Д. НИКИН**МОДЕЛИ И ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Предложены логическая и временная модели учебных планов соответственно в виде неполного ориентированного графа с бинарными векторными связями и упорядоченного N -слойного графа, получаемого путем геометрической трансформации исходного неполного ориентированного графа. Показано, что с использованием данных моделей задачу формирования учебного плана можно свести к задаче раскроя–упаковки особого вида. Предложены критерии и алгоритмы, в соответствии с которыми производится решение оптимизационной задачи формирования учебного плана. *Планирование образовательного процесса; формальные модели учебных планов; оптимизационные алгоритмы формирования учебных планов*

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное функционирование образовательных систем во многом определяется используемыми методами и средствами планирования и управления их организационными ресурсами. Важным их элементом является учебный план, лежащий в основе организации процесса обучения в любой образовательной системе. Задачей учебного плана является, с одной стороны, обеспечение качественной подготовки специалистов, а с другой — соблюдение заданных ограничений на затраты образовательного учреждения, связанные с организацией процесса обучения в соответствии с конкретным учебным планом [1].

Несмотря на то, что на сегодняшний день проведена большая работа по подготовке нормативной базы для составления учебных планов применительно к системе высшего образования (разработаны государственные образовательные стандарты (ГОСы), примерные учебные планы и типовые рабочие программы по специальностям), тем не менее сохраняются определенные сложности при составлении учебных планов в образовательных учреждениях на основе использования только этих нормативных документов. Эти сложности обусловлены тем, что сфера применения государственных образовательных стандартов ограничена образовательными системами, реализующими традиционные формы получения высшего и среднего специального образования [1–3].

Так, данные стандарты не могут быть использованы в образовательных системах со сроками обучения, отличающимися от нормативных (получение второго высшего образования, обучение с использованием дистанционных технологий, обучение по индивидуальному графику для любой формы обучения и т. д.). В этих случаях приходится составлять учебный план практически с «нуля», привлекая для этого существующие на сегодняшний день методы и приемы.

Однако по причине слабой формализованности данных методов, приводящей к невозможности сквозной автоматизации процедуры составления учебных планов, использование их приводит к большим затратам времени на формирование учебного плана и необходимости длительной его «доводки» уже в процессе обучения. Новые социально-экономические реалии привели к появлению образовательных систем, для которых характерно большое разнообразие сроков, технологий и форм обучения; большая частота появления новых специальностей обучения, вызванная быстро меняющимися требованиями рынка труда; необходимость оптимизации ресурсных затрат на организацию учебного процесса. Это вызвало существенные затруднения при использовании традиционных методов формирования учебных планов применительно к современным образовательным системам.

Анализ известных работ в области планирования учебного процесса [1,4–6] показал, что причинами низкой эффективности

предлагаемых в них методов является, во-первых, слабое использование критериального подхода к их формированию, что не позволяет найти разумный компромисс между противоречивыми требованиями, предъявляемыми к учебным планам, и, как следствие, сложность осуществления формализации и сквозной автоматизации процедуры составления учебных планов; во-вторых, недостаточное использование методов системного моделирования при планировании учебного процесса; и, в-третьих, то, что существующие методы формирования учебного плана ориентированы на получение только одного варианта учебного плана (а не некоторой их совокупности) для каждой специальности обучения, что затрудняет оптимальную (в первую очередь, по экономическим, кадровым и другим критериям) стыковку комплекта учебных планов в рамках одного образовательного учреждения.

В этой связи актуальным является разработка теоретических основ и практических подходов к созданию моделей учебных планов специальностей обучения, позволяющих осуществить оптимальное планирование и организацию учебного процесса в образовательных системах различных форм и видов обучения.

В настоящей работе предлагается логическая модель учебного плана, наиболее полно отражающая возможные связи между дисциплинами, позволяющая провести структурный анализ модели на предмет принципиальной возможности получения на ее основе графика учебного процесса, названного в работе временной моделью учебного плана. Предложен метод построения временной модели учебного плана на основе его логической модели, основанный на сведении задачи формирования временной модели учебного плана к задаче раскроя — упаковки особого вида со связями между элементами раскроя.

1. ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УЧЕБНОГО ПЛАНА

Как известно, в соответствии с методологией системного моделирования [7, 8] любой процесс, в том числе и процесс формирования учебного плана, может быть представлен так называемыми системными моделями, отражающими:

– требуемые для составления учебного плана организационные ресурсы, в частности, необходимые действия и существующие связи между ними, имеющуюся нормативно-

правовую базу и др. (функциональная модель);

– требуемые для автоматизации процесса составления учебного плана информационные ресурсы, дающие представление об общем информационном пространстве объекта автоматизации (информационная модель);

– структуру учебного плана, в частности, логические связи между дисциплинами, позволяющую организовать логически непротиворечивый познавательный учебный процесс, в максимальной степени направленный на достижение конечных целей: получение знаний, умений и навыков в конкретной области профессиональной деятельности (логическая модель);

– распределение дисциплин учебного плана по семестрам, представляющее собой временную развертку логической модели (временная модель).

Необходимость отдельного рассмотрения и построения логической модели обусловлена спецификой рассматриваемой предметной области, а именно: необходимостью строгого соблюдения отношений предшествования между дисциплинами при составлении учебного плана [9–11]. Так, имея в своем распоряжении только информационную и функциональную модели, сложно получить план учебного процесса и развертку дисциплин учебного плана по семестрам. Для этого необходимо иметь дополнительную (логическую модель учебного плана) модель, отражающую семантику дисциплин, входящих в учебный план. В данной работе термин семантика дисциплин понимается в узком смысле слова и отражает наличие специфических связей предшествования между дисциплинами обучения.

Построение данной модели будем производить с использованием теории графов [11–13, 16]. Элементарный объект учебного плана — дисциплина. В целом учебный план состоит из конечного множества таких объектов. Каждый элементарный объект имеет индивидуальные количественные и качественные характеристики: наименование дисциплины; количество часов по видам занятий; количество часов, отводимых на самостоятельную работу; перечень аттестаций; подразделение вуза (кафедра), которое обеспечивает преподавание данной дисциплины. Кроме того, объекты плана связаны между собой отношениями предшествования. Таким образом, исходной информацией для построения логической модели является набор из N дисциплин обучения (элементарных объектов),

входящих в учебный план, с указанием отношений предшествования между ними.

Предлагаемый способ построения логической модели учебного плана поясним на следующем простом примере. Пусть требуется построить логическую модель учебного плана, включающего в себя 8 дисциплин обучения $\{a_i\}$, $i = \overline{1,8}$ ($N = 8$). Заданы следующие отношения предшествования: дисциплина a_1 читается после a_8 , но до a_3 ; a_2 — после a_6 , но до a_5 ; a_4 — до a_5 ; a_7 — до a_8 . Более наглядно эти дисциплины с учетом отношений предшествования можно изобразить в виде ориентированного графа (рис. 1).

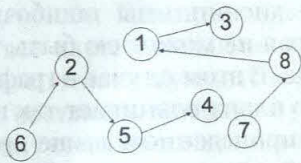


Рис. 1. Дисциплины и отношения предшествования между ними

Отсутствие связей предшествования у 1-й, 6-й и 7-й вершин говорит о том, что для этих дисциплин не является критичным то, какие дисциплины изучались ранее, т.е. до начала изучения этих дисциплин. Граф на рис. 1 можно рассматривать в качестве упрощенной логической модели учебного плана, учитывающей только один последовательный тип связей предшествования между дисциплинами обучения.

В основе построения логической модели учебного плана лежат понятия N -дольного графа, упорядоченного N -дольного графа.

Определение 1. Граф $G(V, E)$, где V — множество вершин, E — множество ребер между вершинами, называется N -дольным, если множество V его вершин можно разбить на N непересекающихся классов V_1, V_2, \dots, V_N так, что не существует ребер, соединяющих вершины одного и того же класса. Очевидно, что данному графу можно поставить в соответствие учебный план, в котором между дисциплинами, относящимися к одному семестру или периоду обучения, нет отношений предшествования, т.е. неважно, в каком порядке данные дисциплины изучаются в пределах одного семестра.

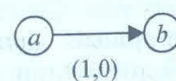
Определение 2. N -дольный граф $G(V, E)$ называется упорядоченным N -дольным графом, если каждое его ребро $e_j, j = \overline{1, K_e}$ одновременно положительно инцидентно вершине (т.е. «исходит из вершины»), соответствующей дисциплине, изучаемой в более

раннем семестре, и отрицательно инцидентно вершине (т.е. «входит в вершину»), соответствующей дисциплине, изучаемой в более позднем семестре. Математически это может быть записано так: $e_j = (v_m, v_l)$, $v_m \in V_d$, $v_l \in V_s$, причем $d < s$, (если e_j положительно инцидентно $v_m \in V_d$ и отрицательно инцидентно $v_l \in V_s$, то $d < s$).

Данному графу можно поставить в соответствие учебный план, в котором между дисциплинами, относящимися к одному семестру или периоду обучения, нет отношений предшествования и, кроме того, сами периоды обучения упорядочены. Отметим, что общей особенностью приведенных выше двух графовых структур (N -дольного графа и упорядоченного N -дольного графа) является то, что они могут быть использованы при составлении учебных планов с учетом только одного вида связей между дисциплинами (последовательной), т.е. там, где возможно изучение связанных между собой дисциплин, только в разных периодах обучения (семестрах).

Следует также отметить, что учета только последовательных связей явно недостаточно для того, чтобы обеспечить необходимый план учебного процесса, выдержанный в строгих временных рамках. Для выполнения этого требования предлагается ввести еще одну характеристику объектов плана, так называемую параллельную связь между дисциплинами. Эта связь между двумя дисциплинами определяет возможность изучения этих дисциплин в пределах одного периода обучения (семестра), основанную на наличии отношений предшествования только между частью разделов этих дисциплин. Параллельная связь смягчает отношения предшествования между дисциплинами, жестко установленные указанием последовательного вида межпредметной связи.

Предположим, что известно конечное множество A объектов плана и $a_i \in A$ (элементы множества A) — это отдельные односеместровые дисциплины плана. Для некоторых пар множества заданы отношения предшествования (или связи с мерой), численно выражающиеся кортежем (упорядоченной парой чисел). Пусть a и b — дисциплины плана. Тогда их предшествование друг другу (связь) может быть отражено графически (дисциплина a предшествует дисциплине b) и охарактеризовано мерой (величиной) связи, например (1,0):



Первый параметр говорит о наличии / отсутствии последовательной связи, а второй — о наличии / отсутствии параллельной. Данное сочетание (1,0) соответствует утверждению: дисциплина a обязательно должна предшествовать дисциплине b , т.е. они должны располагаться в разных семестрах. Кортеж (1,1) означает следующее: дисциплина a либо должна быть прочитана до дисциплины b , либо не позже b (дисциплина a изучается не позже дисциплины b , т.е. a предшествует b или a и b изучаются параллельно). Кортеж (0,0) говорит об инвариантности в чтении дисциплин, а кортеж (0,1) жестко не устанавливает порядок изучения дисциплин, но рекомендует все-таки (по возможности) эти две дисциплины изучать одновременно. Связи между дисциплинами, которые мы рассматривали до сих пор и называли последовательными связями или отношениями предшествования, теперь будем еще называть связями с мерой (1,0).

В дальнейшем в качестве логической модели учебного плана на N семестров будем рассматривать неполный ориентированный граф $G(V, E)$, где $V = \{v_i\}$, $i = \overline{1, K_v}$ — множество вершин, соответствующих дисциплинам учебного плана, $E = \{e_j(v_m, v_l), v_m, v_l \in V\}$ — $j = \overline{1, K_e}$ — множество ребер, имеющих меру вида (1), выступающую в качестве исходной информации для построения временной модели учебного плана.

2. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО ПЛАНА

Представление логической модели учебного плана с использованием рассмотренных выше графовых конструкций позволяет провести структурный анализ исходной логической модели, используя аппарат теории графов. Этот анализ производится до начала непосредственного формирования временной модели учебного плана и позволяет выявить в логической модели следующие «аномалии», делающие невозможным построение на ее основе учебного плана с учетом имеющихся ресурсных ограничений (количество периодов обучения N , предельно допустимой загрузки периодов обучения):

- циклический характер межпредметных связей, что делает невозможным в принципе получить временную развертку учебного плана;

- слишком длинные цепочки связанных между собой дисциплин, приводящие к

невозможности их размещения в заданном числе периодов обучения;

- ситуации, при которых невозможно разместить дисциплины в заданном числе периодов обучения с учетом всех цепочек дисциплин из-за превышения их временной емкости.

Отметим, что наиболее важным при формировании учебного плана является недопущение «аномалий» первого типа (циклический характер межпредметных связей). Это вызвано тем, что возможна такая ситуация, при которой комплект дисциплин — «предшественников» задан экспертом некорректно, например, в качестве «предшественника» какой-либо дисциплины ошибочно указана такая, которая не может ею быть, так как читается позже. В этом случае в графовой модели учебного плана возникает так называемая «петля» (в приведенном выше примере (см. рис. 1) к этой ситуации могло бы привести добавление ко всем имеющимся связям дополнительной связи между вершинами 4 и 2 вида (1,0)).

Предлагаемый алгоритм проверки матрицы связей на наличие такого рода «петель» может быть описан следующим образом: для каждой дисциплины составляется расширенное множество, состоящее из своих собственных дисциплин-«предшественников» и аналогичных дисциплин этих дисциплин-«предшественников». Процесс расширения множества продолжается до тех пор, пока мы не дойдем до дисциплин с пустыми списками дисциплин-«предшественников». И если в этом формируемом множестве окажется сама анализируемая дисциплина, то имеет место «аномалия» первого типа.

Для выявления «аномалий» второго типа можно воспользоваться известными алгоритмами [12] поиска самой длинной цепочки, модифицировав их с учетом специфики меры, выражающей тип связей между дисциплинами.

Возможна еще одна ситуация, соответствующая «аномалии» третьего типа, при которой при имеющейся матрице связей в один какой-либо семестр попадает такое количество дисциплин, общий объем которых превышает допустимую емкость данного семестра.

Отметим, что устранение «аномалий» всех типов производится путем соответствующей корректировки матрицы связей.

3. ПОСТРОЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО ПЛАНА

Введем еще один вид графовых структур, а именно: упорядоченные N -слойные графы.

Определение 3. Упорядоченный N -слойный граф называется упорядоченным N -слойным графом, если каждому ребру приписана мера вида

$$(x, y) = (x_{1,j}, x_{2,j}), \quad (1)$$

где $x_{1,j} = 0,1$ и $x_{2,j} = 0,1, j = \overline{1, K_e}$ и допускается наличие ребер, связывающих вершины одного и того же класса, имеющих меры $(x, y) \neq (1, 0)$. Характеризуя с помощью меры (1) все пары связанных между собой дисциплин, соответствующих вершинам графа, можно составить матрицу предшествования (матрицу связей) дисциплин.

Данному упорядоченному N -слойному графу можно поставить в соответствие учебный план, при составлении которого можно учитывать как последовательные, так и параллельные логические связи между дисциплинами, что позволяет повысить число степеней свободы при составлении учебного плана.

В качестве временной модели учебного плана будем рассматривать упорядоченный N -слойный граф, где N представляет собой число периодов или семестров обучения. Данный граф получается на основе графа — логической модели учебного плана путем геометрической трансформации данного графа в упорядоченный N -слойный граф, выступающий в качестве временной модели учебного плана.

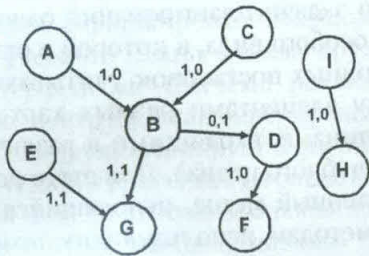


Рис. 2. Исходный ориентированный граф

Проиллюстрируем это на следующем примере. Пусть учебный план состоит из девяти дисциплин (рис. 2). Связи, указанные между некоторыми дисциплинами, определяют последовательность изучения этих дисциплин (например, до изучения дисциплины B должны быть обязательно изучены дисциплины A

и C ; дисциплины B и D могут изучаться в одном семестре, хотя это и не обязательно). Число периодов обучения $N = 4$.

Для данного исходного графа матрица предшествования (матрица связей) дисциплин показана на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A									
B	1,0		1,0						
C									
D			0,1						
E									
F					1,0				
G						1,1			
H									1,0
I									

Рис. 3. Матрица связей результирующего упорядоченного графа

Процедура трансформации исходного графа не является однозначной и может привести к нескольким вариантам упорядоченного N -слойного графа. Так, для нашего примера можно получить два варианта геометрической трансформации исходного графа (рис. 4).

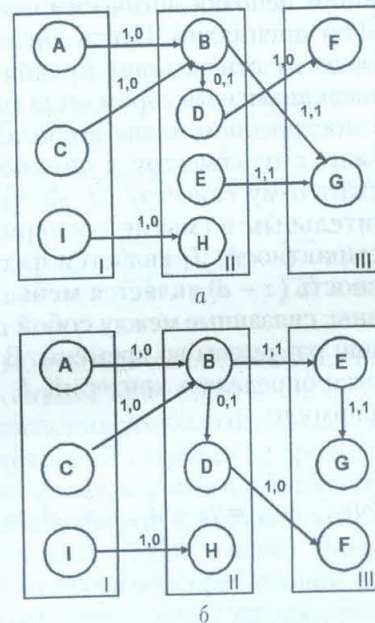


Рис. 4. Варианты результирующего упорядоченного 4-слойного графа

Можно показать, что подобная процедура в общем случае также приводит к множеству различных вариантов графика учебного процесса, обладающих различными характеристиками или критериями. Предлагается в качестве данных критериев брать векторный критерий $J = \{J_1, J_2, J_3\}$, первая компонента которого J_1 отражает равномерность

распределения учебной нагрузки по периодам обучения, а вторая J_2 — рациональность использования времени, отводимого на обучение в течение периода обучения. Данные компоненты имеют следующий вид:

$$J_1 = \left| \frac{\sum_{v=1}^{k_i} f_{iv}}{S_i * A} - \frac{\sum_{v=1}^{k_j} f_{jv}}{S_j * A} \right|, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad (2)$$

$$J_2 = \left| \sum_{v=1}^{k_i} f_{iv} - S_i * A \right|, \quad i = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где S_i, S_j — продолжительность периодов обучения (i - и j -го семестров); A — нормативная характеристика недельной аудиторной нагрузки; f_{iv}, f_{jv} — аудиторная нагрузка дисциплин, назначенных на i - и j -й периоды обучения, в которых планируется поместить k_i и k_j изучаемых дисциплин.

Третья компонента J_3 отражает логическую компактность сформированного учебного плана. Здесь под логической компактностью понимается временная непрерывность при изучении цепочки логически связанных между собой дисциплин. Пусть дисциплины v_k и v_l связаны отношением предшествования, выражающимся вектором вида (0,1) или (1,1), а в построенном плане дисциплина v_k принадлежит z -му семестру, а дисциплина v_l принадлежит d -му семестру ($d < z$). Более предпочтительным в смысле критерия логической компактности J_3 является план, в котором разность ($z - d$) является меньшей, т. е. дисциплины, связанные между собой по смыслу, меньше разнесены во времени. В работе предлагается определять критерий J_3 по следующей формуле:

$$J_3 = \sum_{j=1}^{k_j} m_j, \quad m_j = z_j - d_j, \quad z_j, d_j = \overline{1, N}, \quad (4)$$

где z_j есть номер слоя, в котором располагается дисциплина v_l , следующая за дисциплиной v_k , находящейся в слое d_j .

Предложенные логическая, временная модели и критерии, характеризующие качество самого учебного плана, являются достаточно универсальными и могут быть использованы для формализации и автоматизации процедуры формирования учебных планов в образовательных системах с различными сроками, формами и видами обучения.

С учетом вышесказанного задачу формирования временной модели учебного плана можно рассматривать как оптимизационную, относящуюся к классу задач раскроя-упаковки [14], и сформулировать следующим образом. Пусть имеется логическая модель учебного плана, не имеющая аномалий, заданная неполным ориентированным графом $G(V, E)$. Требуется найти геометрическую реализацию в виде упорядоченного N -слойного графа (число N задано), представляющего собой временную модель учебного плана, оптимальную в смысле приведенного выше векторного критерия $J = \{J_1, J_2, J_3\}$.

Отметим, что в качестве варьируемых параметров выступают период $j = \overline{1, N}$ изучения каждой дисциплины $v_i, i = \overline{1, K_v}$. Данную задачу можно рассматривать как задачу раскроя-упаковки особого вида (наличие связей между элементами различных карт раскроя), решаемую на графе, соответствующем логической модели учебного плана.

Предлагается данную задачу решать путем минимизации критерия J_2 рациональности использования временной емкости периодов обучения и критерия логической компактности J_3 при наложении ограничений на критерий J_1 равномерности распределения учебной нагрузки по периодам обучения, т. е.

$$J_1 \leq V, \quad (5)$$

$$J_2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$J_3 \rightarrow \min, \quad (7)$$

где V — величина, характеризующая равномерность загрузки периодов обучения.

Решение задачи получения оптимального в смысле сформулированных критериев временной модели учебного плана сводится к решению задачи планирования одномерного раскроя особого вида, в которой в отличие от традиционных постановок учитываются связи между элементами разных карт раскроя (дисциплинами, входящими в различные семестры учебного плана). Для этого используется численный метод, относящийся к переборным методам, использующим технологию «ветвей и границ».

В результате решения данной оптимизационной задачи получается некоторое множество вариантов учебного плана. Выбор окончательного варианта производится по так называемым вторичным критериям оптимальности [15], учитывающим ресурсные затраты на его реализацию, наличие уже существующих планов специальностей в учебном заведении и др.

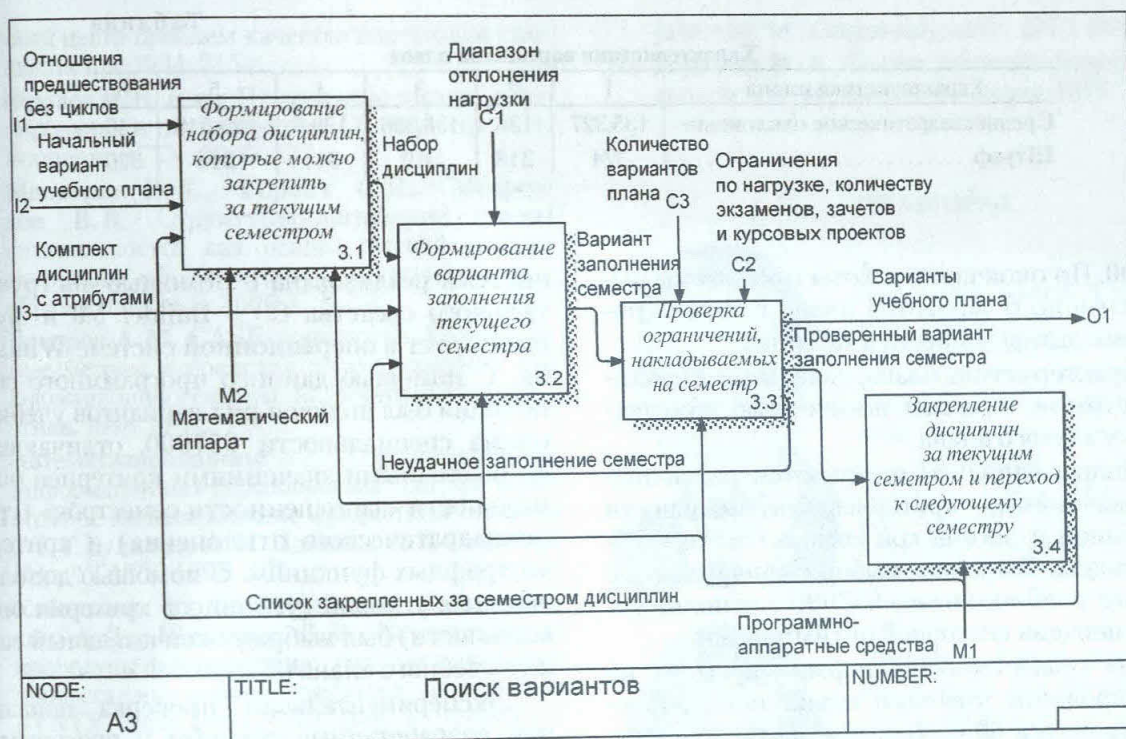


Рис. 5. Блок функциональной модели автоматизированной системы

4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМОГО СПОСОБА СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ

Оценка эффективности предлагаемого способа составления учебных планов производилась с использованием разработанной автоматизированной системы «Составитель учебных планов». Система характеризуется наглядностью осуществляемых построений, возможностью осуществления оперативного контроля за соблюдением установленных ограничений и формирования нескольких вариантов учебного плана, а также дружественным интерфейсом. Система реализована с помощью инструментального средства C++ Builder 5.0 и функционирует в операционной системе Windows 9x. Один из блоков функциональной модели автоматизированной системы «Составитель учебных планов» приведен на рис. 5.

В качестве исходной информации для данной автоматизированной системы являются: нормативные ограничения по общей и аудиторной нагрузке в неделю — A_2 и A_1 ; ограничения по количеству экзаменов, зачетов и курсовых проектов в семестр — E , Z , R . Система обеспечивает выполнение требований, выраженных приведенными ниже формулами и соответствующих нормативным ограни-

чениям:

$$\frac{\sum_{i=1}^N \frac{\sum_{j=1}^k f_{ij}}{S_i}}{N} \leq A_1; \quad \frac{\sum_{i=1}^N \frac{\sum_{j=1}^k t_{ij}}{S_i}}{N} \leq A_2; \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^k e_j \leq E; \quad \sum_{j=1}^k z_j \leq Z; \quad \sum_{j=1}^k r_j \leq R. \quad (9)$$

Разработанная автоматизированная система «Составитель учебных планов» позволяет определить максимальный диапазон отклонения аудиторной нагрузки от средней величины в процентах, которая используется для выполнения критерия временной компактности формируемого учебного плана. Введена величина D , являющаяся обобщенной характеристикой равномерности и загруженности учебного плана:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^N (F_i - F_{cp})^2}, \quad (10)$$

где F_i — нагрузка i -го семестра; F_{cp} — средняя нагрузка всех семестров.

С помощью данной системы было проведено формирование ряда вариантов уже существующего учебного плана специальности

Таблица

Характеристики вариантов плана						
Характеристика плана	1	2	3	4	5	6
Среднеквадратическое отклонение	135,327	136	138,396	139,6	139,518	140
Штраф	324	318	316	314	318	326

657900. По окончании работы программы было получено 6 вариантов плана с характеристиками, приведенными в таблице.

Характеристика плана, названная в таблице «штраф», отражает логическую компактность учебного плана.

Данные варианты отличаются различными значениями критериев оптимальности временной и логической компактности учебного плана. Выполнен выбор окончательного варианта учебного плана 657900 с использованием методов векторной оптимизации.

При существующих нормах времени на формирование учебного плана специальности отводится 60 ч. Использование предлагаемого подхода и программного обеспечения позволило составить учебный план за 15 ч, причем процесс автоматизированного получения вариантов плана занял 5 мин.

ВЫВОДЫ

В статье предложена логическая модель учебного плана в виде конечного неполного ориентированного графа, позволяющая учитывать, в отличие от существующих, два вида причинно-следственных связей: последовательные и параллельные. На основе данной логической модели, используя известные методы теории графов, можно осуществлять структурный анализ данного графа (логической модели учебного плана) на предмет принципиальной возможности получения на его основе учебного плана.

Предложена временная модель учебного плана в виде частично упорядоченного N -слойного графа, при этом аспектами упорядочения являются время (семестры или периоды обучения) и параметры учебной нагрузки студентов в семестре (периоде обучения). Это позволяет свести задачу формирования учебного плана к классу задач раскроя–упаковки особого вида со связями между элементами раскроя.

Разработано программное обеспечение, реализующее предложенные методы формирования учебных планов специальностей вуза для автоматизированной системы «Составитель учебных планов». Автоматизированная

система реализована с помощью инструментального средства C++ Builder 5.0 и функционирует в операционной системе Windows 9x. С помощью данного программного обеспечения был получен ряд вариантов учебного плана специальности 657900, отличающихся различными значениями критериев оптимальности «заполненности семестров» (среднеквадратического отклонения) и критерия «штрафных функций». С помощью дополнительных условий (условного критерия оптимальности) был выбран окончательный вариант учебного плана 657900.

Экспериментальная проверка показала, что разработанные способы и программное обеспечение формирования учебных планов дают существенное сокращение временных затрат на его разработку с 60 часов до 15 часов, причем сам процесс автоматизированного получения оптимального учебного плана занял всего 5 минут.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность канд. физ.-мат. наук, доц. *Л. И. Шехтман* за полезные, конструктивные советы по вопросам использования аппарата теории графов для построения моделей учебных планов, а также *Д. И. Казыханову* за помощь в разработке программного обеспечения для автоматизированной системы «Составитель учебных планов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тихонов А. Н., Абрамешин А. Е. и др.** Управление современным образованием: социальные и экономические аспекты. М.: Вита-Пресс, 1998. 256 с.
2. **Федоров И. А.** О содержании, структуре и концепции современного инженерного образования // Вестник высшей школы. 2000. № 2. С. 9–15.
3. **Филиппов В. М.** Об итогах работы системы образования в 2000 г. и задачах на 2001 г. // Вестник высшей школы. 2001. № 3. С. 3–7.
4. **Моргунов И. Б.** Основы дискретной оптимизации некоторых задач упорядочения (на примере учебного процесса). М.: Исследователь-

- ский центр проблем качества подготовки специалистов, 1994. 215 с.
5. **Фролов В. Н. и др.** Прикладные задачи моделирования и оптимизации: Сб. науч. тр. Ч. 1. Воронеж: ВГТУ, 2000. 133 с.
 6. **Моисеева В. Б., Горбач С. П., Мошечков В. В.** Структурно-логические схемы специальностей как основа сетевой модели открытого образования // Дистанционное образование. № 5. 2000. С. 8–12.
 7. **Вендров А. М.** CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998. 174 с.
 8. **Автоматизированное** проектирование информационно-управляющих систем. Системное моделирование предметной области / Г. Г. Куликов, А. Н. Набатов, А. В. Речкалов Уфа: УГАТУ, 1998. 104 с.
 9. **Кабальнов Ю. С., Кузьмина Е. А., Никин А. Д., Шехтман Л. И.** Формализация процедуры формирования графиков учебного процесса на основе графовых моделей / УГАТУ. Уфа, 2001. 13 с. Деп. в ВИНТИ 12.01.01. № 191-В2001.
 10. **Кабальнов Ю. С., Кузьмина Е. А., Никин А. Д., Шехтман Л. И.** Графовая модель учебного плана специальности обучения в вузе // Вычислительная техника и новые информационные технологии: Межвуз. науч. сб. Уфа: УГАТУ, 2001. Вып. 4. С. 116–123.
 11. **Кузьмина Е. А.** Модели и оптимизация учебных планов в образовательных системах: Дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГАТУ, 2002.
 12. **Оре О.** Теория графов. М.: Наука, 1980. 336 с.
 13. **Гузаиров М. Б., Ильясов Б. Г. и др.** Проблемы построения виртуальных образовательных систем. Уфа: УГАТУ, 2001. 139 с.
 14. **Стоян Ю. Г., Гиль Н. И.** Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов. Киев: Наукова думка, 1976. 247 с.
 15. **Гуткин Л. С.** Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей

качества. М.: Советское радио, 1975. 368 с.

16. **Горбатов В. А.** Теория частично-упорядоченных систем. М.: Советское радио, 1976. 335 с.

ОБ АВТОРАХ



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



Кузьмина Елена Алексеевна, ст. преп. той же кафедры. Дипл. математик (Баш. гос. ун-т, 1977). Канд. техн. наук по управлению в социальных и экономических системах (УГАТУ, 2002). Исследования в области планирования и управления в образовательных системах.



Никин Алексей Дмитриевич, нач. отдела образовательных технологий. Дипл. инж.-электромеханик (УГАТУ, 1978). Канд. техн. наук по автоматизации технологических процессов и производству (УГАТУ, 1999). Исследования в области управления обработкой металлов, управления учебным процессом.