

## **МЕТОД ПОШАГОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ**

**В.П. СИМОНЕНКО, С.И. СИМОНЕНКО**

Рассмотрен метод и алгоритм решения задачи составления расписания занятий в учебном заведении со стандартной неделей. Предложенный алгоритм позволяет за конечное число шагов, определяемое количеством занятий и структурой учебной недели, предложить приемлемый вариант расписания. При этом учитываются организационные, методические и психофизиологические требования. Качество расписания, составленного по предложенному алгоритму, в среднем не ниже 0,65%.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из основных документов, определяющих функционирование любого учебного заведения, является расписание занятий. Качество составленного расписания влияет не только на усвоение материала учениками, а отсюда и на качество подготовки специалистов, но и на эффективность использования материальных ресурсов учебного заведения. Расписание регламентирует деятельность студентов, преподавателей, обслуживающего персонала.

Составление расписания занятий характеризуется множеством требований, сложностью формализации методов принятия решения и количественной оценкой качества полученного варианта расписания. Множество видов расписания определяется принятой в учебном заведении структурой учебного процесса, традициями, количественными и качественными характеристиками учебного заведения. Трудности внедрения автоматизированной системы составления расписания связаны не только с решением собственно задачи составления расписания, а и с информационными связями с другими подсистемами автоматизированного управления вузом: приемной комиссией, контингентом, кадрами, бухгалтерией, учетом, отчетностью, оперативным управлением, материально-техническим снабжением. Все эти подсистемы информационно взаимосвязаны и влияют на качество решения задачи составления расписания занятий. Для большого вуза невозможно внедрить отдельно систему планирования без внедрения информационно взаимосвязанных с ней подсистем. Поэтому задачи автоматизированного управления крупным учебным заведением нужно решать комплексно.

### **ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ВЫБОР МЕТОДА РЕШЕНИЯ**

В теоретическом плане эта задача является одной из разновидностей задачи назначения и относится к классу NP-сложных [2]. В известных алгоритмах

составления расписания используются методы теории графов, сетевого планирования, исследования операций. Все алгоритмы можно условно разбить на три группы.

1. Полный или частичный перебор вариантов, их количественный анализ и выбор наилучшего варианта.

2. Моделирование (формализация) действий диспетчера, составляющего расписание.

3. Пошаговое конструирование расписания на основании выбранных критериев оптимизации.

Алгоритмы первого вида используются для учебных заведений с малым числом групп. Однако для высших учебных заведений с числом групп более 100 их применение неприемлемо из-за экспоненциального роста числа вариантов. Основным недостатком большинства алгоритмов при частичном переборе или основанных на методе ветвей и границ, является изменение уже сделанных назначений и повторение некоторых шагов в случае непригодности получаемого варианта расписания. Это обусловлено влиянием готового расписания групп на составление нового. Здесь требуется коррекция или полное изменение ранее составленных расписаний, что связано с изменением базы данных. В случае отсутствия варианта полного размещения заявок по ресурсам может потребоваться полный перебор всех вариантов, что при большой размерности равносильно закливанию алгоритма, и делает их неприемлемыми ввиду огромных временных затрат.

Алгоритмы второго вида относятся к классу эвристических. Они имеют существенный недостаток, заключающийся в невозможности оценить степень опасности назначения занятия на возможность выполнения последующих назначений.

Наиболее привлекательными являются алгоритмы третьего вида. В предлагаемой статье описывается один из вариантов реализации такого алгоритма.

## **ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ПОШАГОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ**

Основой алгоритма является подход, называемый «методом пошагового конструирования» или «методом направленного поиска» [5]. Цель применения такого подхода — исключить или уменьшить перебор вариантов и обеспечить приемлемое качество составленного расписания.

Для этого в предлагаемом алгоритме используются следующие подходы:

- Принцип оптимальности Белмана для задач, решение которых можно представить в виде связанной цепочки назначений для достижения конечной цели.
- Принцип MIN – MAX-ного выбора для поиска места назначения каждого занятия.
- Обеспечение конечности составления расписания, т. е. назначение занятия во времени и в пространстве не должно привести к невозможности назначений на последующих шагах работы алгоритма.

- Применение понятия «ненадежного состояния системы», которое используется в алгоритме банкира. Под надежным состоянием системы понимается состояние, при котором выполнение очередного шага размещения не может привести к конфликту на следующем шаге.

Исходная информация для составления расписания в любом учебном заведении:

1. Множество учебных групп, преподавателей, аудиторий, лабораторий.
2. Учебные планы для каждой группы.
3. Индивидуальные характеристики каждого типа занятия, группы, аудитории, лаборатории, преподавателя.
4. Перечень требований к расписанию в данном учебном заведении и их характеристика.

Требования, которые предъявляются к системам составления расписания занятий, можно разделить на две группы: обязательные и оптимизирующие. Выполнение обязательных требований обеспечивает принципиальную организационную возможность размещения запланированных занятий в имеющихся аудиториях при данных преподавателях и заданной структуре недели. Учет оптимизирующих требований позволяет определить степень предпочтения каждого занятия на любом месте размещения в учебной неделе и выбрать лучшее с точки зрения множества оптимизирующих требований.

Наиболее важные обязательные требования:

1. Выполнение учебного плана занятий.
2. Соответствие возможностей аудиторий численности учебных групп.
3. Исключение «накладок» в занятиях у преподавателей, групп, аудиторий, лабораторий.
4. Соответствие вместимости аудиторий, лабораторий численности назначенных в эти аудитории групп.
5. Возможность резервирования (блокирования) определенных временных интервалов у преподавателей, аудиторий, лабораторий (профилактика).

Выполнение обязательных требований обеспечивает организационную возможность проведения занятий.

Оптимизирующие требования:

1. Учет пожеланий преподавателей.
2. Предварительное резервирование аудиторий.
3. Равномерная загрузка дней недели.
4. Равномерное распределение различных форм занятий в неделю.
5. Равномерное распределение занятий по одной дисциплине в неделю.
6. Равномерное распределение занятий с учетом сложности предметов.
7. Уменьшение «окон» у преподавателей и групп.

Сложность решения задачи составления расписания определяется совокупностью и взаимосвязью дисциплин, входящих в учебный план, структурой учебной недели, перечнем требований к системе планирования.

Исходной информацией для решения задачи по предлагаемому алгоритму является совокупность заявок и их индивидуальные характеристики,

позволяющие определить степень предпочтения каждой заявки (в диапазоне от 0 до 1) на каждый временной интервал недели.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН КЛАССА 9-А							
Предмет	Вид	Часы	Преп. N1	Каб. N1	Преп. N2	Каб. N2	Дл. 1/2
МАТЕМАТИКА	Лек.	4	Лятамбур	Математ.	23		2 1
МАТЕМАТИКА	Сем.	4	Лятамбур	Математ.	23		2 0
ФИЗИКА	Лек.	1	Делюкова	Физика	32		2 1
ФИЗИКА	Сем.	2	Делюкова	Физика	32		2 0
ФИЗ. ПРАКТ.	Лаб.	2	Гудзь	Физика	32		2 0
О И В Т	Сем.	2	Федорив	О И В Т	47	Гезь О И В Т	48 2 1
ЧЕРЧЕНИЕ	Лек.	1	Тропин	Математ.	20		1 1
ХИМИЯ	Лек.	2	Чернецкая	Химия	40		2 1
УКР. ЯЗЫК	Лек.	5	Чередниченк	Укр.	26		2 1
РУС. ЛИТ.	Сем.	3	Гончаренко	Рус.	22	Слободяник Рус.	27 2 1
АНГЛ. ЯЗЫК	Сем.	2	Власова	Англ. яз.	34	Иванова Англ. яз.	33 1 1
БИОЛОГИЯ	Лек.	2	Беренфус	Биология	42		2 1
ГЕОГРАФИЯ	Лек.	2	Рустамова	ГЕОГР.	25		2 1
ИСТОРИЯ	Лек.	3	Саватеев	История	36		2 1
ФИЗ-РА	Сем.	3	Хараберюш	Спорт зап			1 1

Рис. 1. Учебный план одного класса средней школы

Базовая информация для составления расписания — учебный план для группы (класса), где указаны название предмета, тип занятия, число часов в неделю, преподаватель и необходимая аудитория (рис. 1).

Кроме этого для составления расписания необходимо знать предварительную загрузку преподавателей, аудиторий, лабораторий. На рис. 2 показана предварительная информация о загрузке преподавателей перед составлением расписания.

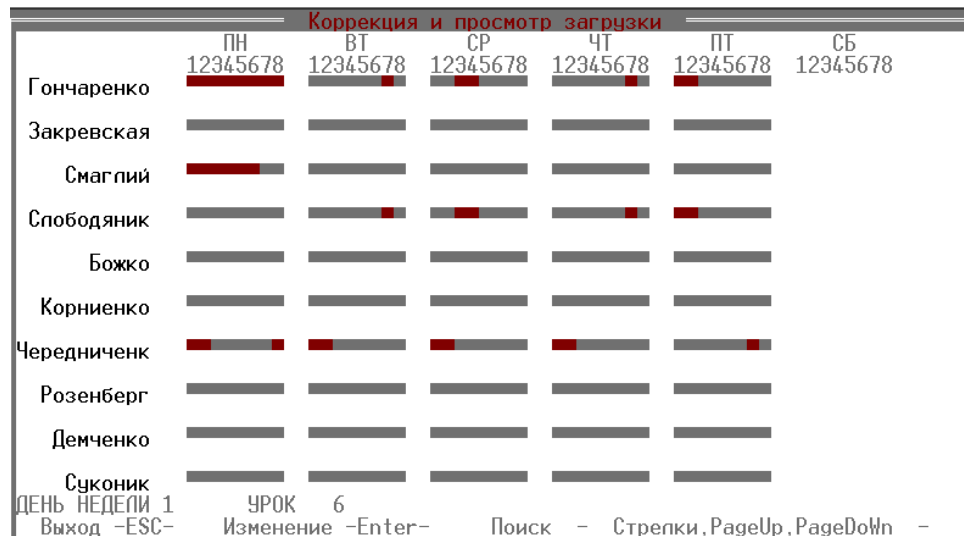


Рис.2. Предварительная загрузка преподавателей

Процесс составления расписания разделен на два шага: распределение занятий во времени (по дням и урокам) без назначения аудиторий общего пользования и аудиторий с учетом длительности переходов учащихся. Однако при выполнении первого шага учитываются возможности аудиторного фонда учебного заведения. Общее количество назначенных занятий в любой временной интервал не должно превышать количества аудиторий определенной вместимости и вида. Выполнение этого требования позволяет полу-

читать конечное решение при последующем назначении аудиторий. Предлагаемый алгоритм назначения занятий во временных координатах недели содержит следующие шаги.

1. Формирование специальной матрицы выбора (МВ).
2. Анализ МВ, диагностика конфликтных ситуаций и выработка рекомендаций по коррекции исходной информации.
3. Выполнение обязательных назначений.
4. Выбор занятия для размещения.
5. Выбор дня недели и номера урока для занятия.
6. Коррекция МВ и переход к п.2 до полного размещения всех занятий.

На первом шаге используется табличный метод управления и формируется двумерная булева МВ. В ней отражается принципиальная возможность каждого запланированного занятия в каждом временном интервале (дне и уроке). При этом учитывается текущая загрузка групп, преподавателей, аудиторий или лабораторий. Структура МВ и ее использование принципиально исключают появление «накладок» или конфликтных ситуаций в конечном расписании.

Рассмотрим формирование строки МВ на следующем примере (рис. 3). Для определения места возможного размещения лекционного занятия  $L$  необходимо учитывать текущую загрузку преподавателя  $P$ , аудитории  $A$  и группы  $G$ . Обозначим «1» физическую возможность проведения занятия и «0» — невозможность. Тогда для  $P, A, G$  после анализа исходной информации будут сформированы следующие векторы  $a, b, в$ .

	День недели												Номер урока												
	Понедельник				Вторник				Среда				Четверг				Пятница				Суббота				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
$P$	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	$a$
$A$	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	$b$
$G$	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	$в$
$L$	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	

Рис. 3. Формирование строки МВ

В результате выполнения логического умножения векторов  $P, A, G$  получаем результирующий вектор  $L$ , где и отображаются те временные интервалы (дни и уроки), в которые возможно размещение дисциплины  $L$ . Описанная операция выполняется для всех дисциплин учебного плана группы, для которой составляется расписание. В результате получаем МВ, показанную на рис. 4.

На втором шаге выполняется анализ МВ с точки зрения ее корректности. В случае невозможности размещения запланированных занятий в сетке недели производится детальный анализ конфликта, определяется его причи-

на и в автоматическом или интерактивном режиме производится коррекция исходной информации. Предложенная форма МВ позволяет выделить назначения, которые являются обязательными, т.е. имеющими единственное место размещения. При этом размерность решения задачи уменьшается, а

День недели												Номер урока				Дисциплина								
Понедельник			Вторник			Среда			Четверг			Пятница			Суббота									
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	Физика
0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Биология
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	Физкультура
...																								
1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	Математика

Рис. 4. Выбор дисциплины для размещения

МВ корректируется [4]. Одним из недостатков алгоритмов, использующих метод ветвей и границ и на основании этого пошагового составления расписания, является обнаружение неверно сделанного назначения, т.е. назначения, приводящего к конфликту, только после выполнения нескольких шагов.

В предлагаемом алгоритме на стадии предварительного анализа исходной информации возможно исключение заведомо конфликтных назначений. Для их выделения предлагается эквивалентное преобразование МВ, анализ новой МВ', определение конфликтных зон. Преобразование выполняется на основе модифицированного алгоритма Мальгранжа [1], а анализ — на разработанных решающих правилах с использованием теорем Фробениуса-Кенига и Минка [3], относящихся к вычислению перманента (0,1) матриц. На рис. 5–7 показаны примеры результатов преобразования МВ и ее коррекции для некоторых случаев, на рис. 5 — вариант, когда система составления расписания имеет единственное решение, на рис. 6, 7 — различные варианты определения конфликтных зон и их коррекции.

Исходный порядок строк МВ						Новый порядок строк МВ'									
1	0	0	1	0	1	0	6	1*	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	1	1	1	1	1*	0	0	0	0	0	0
5	1	0	1	0	1	0	5	1	1	1*	0	0	0	0	0
3	1	0	1	1	1	0	3	1	1	1	1*	0	0	0	0
5	1	0	1	0	1	0	4	1	0	1	1	1*	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	1	1*	0	0
	1	2	3	4	5	6		3	5	1	4	6	2		
Исходная матрица						Матрица после преобразования						Конфликтная зона			
												Матрица после коррекции			

Рис. 5. Вариант единственного решения составления расписания

На третьем шаге выбирается дисциплина для размещения. Для этого используется принцип мини-максного выбора. Т.е. выбирается дисциплина, находящаяся в худшем положении по отношению к другим. Для каждой дисциплины  $i$  вычисляется коэффициент выбора  $Kv_i$  и в дальнейшем выбирается дисциплина, имеющая минимальное значение  $Kv_i$  (определяется как сумма единиц или возможных мест размещения анализируемой дисциплины  $i$  в сетке недели). Здесь используется сформированная и скорректированная на предыдущих шагах МВ'. Данная стратегия уменьшает возможность перехода системы в ненадежное состояние.

Исходная матрица	Матрица после преобразования	Матрица после коррекции
1 1 0 1 0 1 0	6 1* 1 1 1 0 0	1* 1 1 1 0 0
2 0 1 1 1 1 1	1 1 1* 1 0 0 0	1 1* 1 0 0 0
3 1 0 1 1 1 0	5 1 1 1* 1 0 0	1 1 1* 1 0 0
4 1 1 1 1 0 1	3 1 1 1 1* 0 0	1 1 1 1* 0 0
5 1 0 1 1 1 0	2 1 0 1 1 1* 1	0 0 0 0 1* 1
6 1 0 1 1 1 0	4 1 1 0 1 1 1*	0 0 0 0 1 1*
1 2 3 4 5 6	3 1 5 4 2 6	

Конфликтная зона

Рис. 6. Единственная конфликтная зона

Исходная матрица	Матрица после преобразования	Матрица после коррекции
1 0 1 0 1 0 0	6 1* 1 1 0 0 0	1* 1 1 0 0 0 0
2 0 1 1 1 1 1	1 1 1* 1 0 0 0	1 1* 1 0 0 0 0
3 1 0 1 1 1 0	5 1 1 1* 0 0 0	1 1 1* 0 0 0 0
4 1 1 1 1 0 1	3 1 1 1 1* 0 0	0 0 0 1* 0 0
5 1 0 1 0 1 0	2 1 0 1 1 1* 1	0 0 0 0 1* 1
6 1 0 1 0 1 0	4 1 1 0 1 1 1*	0 0 0 0 1 1*
1 2 3 4 5 6	3 1 5 4 2 6	

Конфликтные зоны

Рис. 7. Множество конфликтных зон

Четвертый шаг предназначен для определения временного интервала размещения выбранной на предыдущем шаге дисциплины. Для каждого возможного места размещения в сетке недели (дня и урока  $t$ ) дисциплины  $i$  вычисляется коэффициент претендования  $Kp, t$ , который является комплексным коэффициентом, учитывающим выполнение множества оптимизирующих требований для каждого возможного места размещения вы-

бранной дисциплины. При вычислении  $Kp,t$ , учитывается текущее состояние системы планирования, т.е. расположение уже назначенных занятий и весовые коэффициенты каждого оптимизирующего требования. Использование весовых коэффициентов позволяет адаптировать, настроить систему к учебному заведению.  $Kp,t$  вычисляется из выражения

$$Kp,t = Kk,t \times \prod_{x=1}^M Rx,t \times \sum_{y=1}^N (Ky \times Ry,t), \quad t = 1 \dots T,$$

где  $Kk,t$  — коэффициент безопасности назначения выбранного занятия  $L$  во временной интервал  $t$  (при его вычислении учитывается степень претендования других дисциплин на размещение в анализируемом интервале  $t$ );

$Rx,t$  — степень выполнения обязательного требования  $x$  во временной интервал  $t$  (может принимать значения 0 или 1);

$Ry,t$  — степень выполнения оптимизирующего требования  $y$  во временной интервал  $t$  (может принимать значения от 0 до 1);

$Ky$  — весовой коэффициент  $Ry$  требования (значения определяются методом экспертных оценок или подбираются экспериментальным путем во время эксплуатации системы).

	Понедельник				Вторник				Среда				Четверг				Пятница				Суббота				$Kv_i$				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Физика	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	6
Биология	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	5
Физкультура	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	6
Математика	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Химия	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	5
География	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Иностр. яз.	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5

Рис. 8. Пример выбора времени проведения занятия

В результате вычисления коэффициентов  $Kp,t$  и временного интервала  $t$  с максимальным значением коэффициента  $Kp,t$  выполняется назначение занятия  $L$  в этот временной интервал. При этом необходимо скорректировать загрузку преподавателей, аудиторий или лабораторий и записать соответствующую информацию в расписание группы. Кроме этого выполняется коррекция МВ, т.е. «зануляется» строка распределенной дисциплины и столбец, соответствующий временному интервалу, в который эта дисциплина распределена.

После этих операций выполняется переход к п. 2 алгоритма и описанные выше шаги повторяются до полного составления расписания. На рис. 8 показан пример выполнения одного шага размещения, где временной интервал выбирается с максимальным значением  $Kk$ .

После выполнения описанных действий для всех дисциплин учебного плана получаем окончательное расписание (рис. 9).



Расписание для класса 9–А					
РАСПИСАНИЕ ДЛЯ ПОДГРУППЫ НОМЕР 1					
	ПОНЕДЕЛЬ.	ВТОРНИК	СРЕДА	ЧЕТВЕРГ	ПЯТНИЦА
1 УРОК	УКР. ЯЗЫК	ФИЗ-РА	УКР. ЯЗЫК	МАТЕМАТИКА	РУС. ПИТ.
8.30 – 9.15	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	СЕМИНАР
2 УРОК	УКР. ЯЗЫК	МАТЕМАТИКА	УКР. ЯЗЫК	МАТЕМАТИКА	РУС. ПИТ.
9.20–10.05	ЛЕКЦИЯ	ЛЕКЦИЯ	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	СЕМИНАР
3 УРОК	АНГЛ. ЯЗЫК	МАТЕМАТИКА	ФИЗИКА	ИСТОРИЯ	ФИЗ-РА
10.15–11.00	СЕМИНАР	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР
4 УРОК	МАТЕМАТИКА	О И В Т	ФИЗИКА	ИСТОРИЯ	МАТЕМАТИКА
11.15–12.00	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	СЕМИНАР	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР
5 УРОК	МАТЕМАТИКА	О И В Т	ХИМИЯ	ФИЗ. ПРАКТ.	МАТЕМАТИКА
12.15–13.00	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	ЛЕКЦИЯ	ЛАБОРАТОР.	СЕМИНАР
6 УРОК	ГЕОГРАФИЯ	БИОЛОГИЯ	ХИМИЯ	ФИЗ. ПРАКТ.	ФИЗИКА
13.15–14.00	ЛЕКЦИЯ	ЛЕКЦИЯ	ЛЕКЦИЯ	ЛАБОРАТОР.	ЛЕКЦИЯ
7 УРОК	ГЕОГРАФИЯ	БИОЛОГИЯ	ЧЕРЧЕНИЕ	РУС. ПИТ.	УКР. ЯЗЫК
14.10–14.55	ЛЕКЦИЯ	ЛЕКЦИЯ	ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	ЛЕКЦИЯ
8 УРОК		ИСТОРИЯ	ФИЗ-РА	АНГЛ. ЯЗЫК	
15.00–15.45		ЛЕКЦИЯ	СЕМИНАР	СЕМИНАР	

Рис. 9. Вариант расписания для одного класса

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ СЛОЖНОСТИ АЛГОРИТМА

Временная сложность составления расписания по предлагаемому алгоритму может быть определена совокупностью временных сложностей отдельных фаз. Естественно, что в случае, если конечного решения нет, то оценка временной сложности неверна, так как система выполняет операции по диагностике конфликта и формированию рекомендаций по его исключению. Определим временную сложность каждого шага.

Временная сложность процедуры определения конфликтных назначений равна  $O[2n * \log(n)]$ , а коррекции МВ —  $O[0,5 * e]$ . Тогда общая временная сложность выделения конфликтных назначений и коррекции МВ равна  $O[2n * \log(n) + 0,5 * e]$ .

Временная сложность процедуры выбора дисциплины для размещения равна  $O[n^2]$ , а временная сложность процедуры определения временного интервала для размещения занятия в худшем случае равна  $O[n^2 + N * P]$  (где  $n$  — размерность МВ на текущем шаге размещения занятия;  $N$  — количество оптимизирующих требований;  $P$  — общее количество занятий в учебной неделе). Временная сложность одной фазы размещения одного занятия равна  $O[2n * \log(n) + 0,5 * e + n^2 + n^2 + N * P] = O[2n * \log(n) + 2n^2 + N * P]$ . Для определения общего количества фаз следует учитывать, что оно равно количеству распределяемых занятий и соответствует размерности матрицы выбора. Кроме того, размерность МВ уменьшается по мере распределения занятий. Тогда общую временную сложность предлагаемого эвристического алгоритма составления расписания можно определить из формулы

$$O \left[ \sum_{n=D}^1 (2n \times \text{Log}(n) + 2n^2 + N \times P) \right].$$

## **ВЫВОДЫ**

1. Выполнение предварительного анализа исходной информации и выработка стратегии ее решения позволяют:

- а) определить принципиальную возможность решения;
- б) локализовать причину конфликта;
- в) определить обязательные назначения, а также
- г) назначения, приводящие к конфликту;
- д) уменьшить размерность решения задачи при выполнении пунктов а) и б).

2. Использование концепции надежного состояния системы планирования и вычисление коэффициентов  $Kv_i$ ,  $Kk$ ,  $t$  в соответствии с этой концепцией, а также выполнение анализа исходной информации перед выполнением очередного шага и исключение конфликтных назначений практически позволяет избежать повторения уже выполненных шагов.

3. Примерное время составления расписания для одной учебной группы с 36-ю уроками в неделю требует до 0,2-й секунды машинного времени в зависимости от используемого компьютера.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Берж К. Теория графов и ее применение. — М.: Изд. иностр. лит., 1962. — 320 с.
2. Гери М.Р., Джонсон Д.С. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. — М: Мир, 1982. — 416 с.
3. Липски В. Комбинаторика для программистов. — М.: Мир, 1988. — 213 с.
4. Самофалов К.Г., Луцкий Г.М., Симоненко В.П. Метод предварительного анализа исходной информации и выработки стратегии решения задачи назначения в распределенной вычислительной среде // Электронное моделирование. — 1995. — №4. — С. 36–40.
5. Симоненко В.П. Метод пошагового конструирования решения при распределении задач в параллельных вычислительных системах // Вісн. національного технічн. ун-ту України «КПІ» Сер. інформатика, управління та обчислювальна техніка. — 2000. — № 33. — С. 15–21.

*Поступила 16.11.2006*