8. Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. – М.: Агентство «Издательский сервис», 2004. – 320 с.

9. Печников А.Н. Теоретические основы психолого-педагогического проектирования автоматизированных обучающих систем. – Петродворец: ВВМУРЭ им. А.С.Попова, 1995. – 322 с.

10. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – 2-е изд./ Пер. с анг. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

11. Тьюринг А. Могут ли машины мыслить? / Информационное общество: Сборник. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. – 507 с.

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ

А. Л. Истомин*, к.т.н., доц., проректор по учебной работе*

Тел.: (3951) 67-88-45; E-mail: istomin@agta.irmail.ru

Ангарская государственная техническая академия

http://www.agta.ru

On the basis of the constructed mathematical model the task of optimization of the curriculum is put, allowing to minimize resources of high school and to provide performance of the state educational standard.

Анализ современного состояния развития автоматизированных систем управления высшим учебным заведением (АСУ ВУЗ) показал, что в существующих АСУ ВУЗ отсутствуют системы автоматизированного проектирования (САПР) учебных планов, базирующиеся на математических моделях и методах оптимизации. Имеющие же средства в той или иной мере лишь автоматизируют действия диспетчера учебного отдела или заведующего кафедрой по внесению изменений в учебный план, формируют различные формы отчетов и документов. При этом осмысление учебных планов ложится на работников высшей школы, которым в условиях многих ограничений приходится формировать не столько оптимальный, сколько допустимый учебный план. Это приводит к несогласованности календарных планов изучения дисциплин близких или родственных специальностей в различных учебных планах (дисциплины на объединение в потоки), значительным колебаниям объемов учебной нагрузки кафедр по семестрам и годам, неравномерности загрузки аудиторий, колебанию штатной численности профессорско-преподавательского состава (ППС) во времени, снижению эффективности использования имеющихся ресурсов вуза.

Таким образом, задача построения САПР учебных планов в вузе, математического обеспечения этих систем является актуальной.

В рамках предпринятого в настоящей работе исследования требования государственного образовательного стандарта (ГОС) считаются заданными и, следовательно, заданной является следующая информация:

- перечень дисциплин и их основные разделы;
- логическая последовательность дисциплин;
- количество часов на изучение дисциплин;
- общее количество часов теоретического обучения;
- сроки освоения образовательной программы, включая время на экзаменационные сессии, практики, каникулы, итоговую аттестацию;
- максимальный объем учебной нагрузки студента в неделю;
- предельный объем аудиторных занятий студента в неделю.

В табл. 1 показан фрагмент учебного плана, в котором отражены дисциплины, количество часов, отводимых на их изучение по семестрам и видам занятий, формы аттестации знаний.

Учебный план включает множество дисциплин. Требуется составить учебный план, обеспечивающий выполнение ГОС и минимизирующий общие затраты вуза. Из этого плана мы определим, в какой срок будут завершены дисциплины, какое количество ППС, аудиторий каждого вида, компьютерных мест, оборудования потребуется в каждом семестре.

Учитывая высокую размерность задачи, ее предлагается решить в два этапа. На первом этапе необходимо найти количество часов аудиторных занятий, отводимых в неделю на изучение i-й дисциплины в j-м семестре, не делая различий по видам занятий.

На втором этапе найденные на первом этапе значения часов аудиторных занятий по всем дисциплинам и семестрам следует распределить по видам занятий таким образом, чтобы обеспечивался минимум затрат ресурсов вуза.

Первый этап. Для решения задачи оптимизации учебного плана на этом этапе введем обозначения: x_{ij} – количество часов аудиторных занятий, отводимых в неделю на изучение i-й дисциплины в j-м семестре; a_j – количество недель теоретического обучения в j-м семестре; b_i – общее количество часов на изучение i-й дисциплины, задаваемых ГОС; c_i – минимальный объем в часах аудиторных занятий по i-й дисциплине; d_j – предельный объем в часах аудиторных занятий студента в неделю в j-м семестре; n – количество дисциплин; m – количество семестров.

Одновременно могут вестись несколько дисциплин, но прежде чем может быть начата дисциплина i, некоторая часть дисциплин $n(i)$ должна быть завершена.

С учетом введенных обозначений представим учебный план в виде табл. 2.

Количество аудиторных часов, отводимых на изучение i-й дисциплины, должно быть не меньше заданного значения. Легко записать эти условия для всех дисциплин

$$\sum_{j=1}^{m} a_j x_{ij} \ge c_i\,,\ i = \overline{1,n}\,. \qquad (1)$$

Таблица 1

Учебный план

Наименование дисциплины	Экзамен	Зачет	Курсовой проект	Курсовая работа	Всего часов	Аудиторные занятия (час.)				СРС	1 курс	
						Всего	Лекция	Практика	Лаб. занят.		1 семестр 17 недель	
											Л.	П.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ГСЭ.Ф.00					1274	646	187	459	628			
01. Иностранный язык	4	1.2 3			340	170	0	170	0	17 0		3
02. Физическое воспитание		1.2 3.4			408	408	0	408	0	0		4
03.Отечественная история	1				130	68	51	17	0	62	3	1
04. Философия	3				130	68	51	17	0	62		
05. Экономика	6				130	68	34	34	0	62		
0.6. Культурология		4			68	34	34	0	0	34		

Так как недельная нагрузка на студента не должна превышать d_j количества аудиторных часов, $j = \overline{1,m}$, то должны выполняться ограничения

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \le d_j\,,\ j = \overline{1,m}\,. \qquad (2)$$

Далее дисциплина i не может быть начата, пока не окажутся прочитанными все дисциплины из $n(i)$. Выясним, каким образом можно записать это ограничение. Очевидно, что $x_{ij} = 0$, если нарушено условие

$$\sum_{k=1}^{j-1} a_k x_{i'k} \ge c_{i'}, \qquad i' \in n(i). \quad (3)$$

Здесь мы имеем условие типа «или-или». Чтобы записать его в терминах целочисленного линейного программирования, введем целочисленные переменные $\delta_{i'j}$, принимающие лишь значения 0 и 1. Тогда условие $x_{ij} = 0$, если нарушено (3), может быть записано следующим образом:

$$x_{ij} \le \delta_{i'j} c_i, \; i' \in n(i), \; i = \overline{1,n}, \; j = \overline{1,m}, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{j-1} a_k x_{i'k} \ge \delta_{i'j} c_{i'}, \; i = \overline{1,n}, \; j = \overline{1,m}, \quad (5)$$

$$\delta_{i'j} \ge 0, \; \delta_{i'j} \in \{0,1\}, \; i = \overline{1,n}, \; j = \overline{1,m}. \quad (6)$$

Отметим, что если $\delta_{i'j} = 1$, то из (5) следует, что условие (3) выполнено. При этом (4) лишь требует, чтобы $x_{ij} \le c_i$. Однако если какое-нибудь $\delta_{i'j} = 0$, то из (4) следует, что $x_{ij} \le 0$, т.е. $x_{ij} = 0$. Таким образом, x_{ij} не может быть положительным, если нарушено (3). Так как из (6) следует, что $\delta_{i'j}$ не могут быть больше единицы, то здесь нет необходимости вводить ограничения на верхние границы этих переменных.

Если количество аудиторных часов в неделю по одной и той же дисциплине не должно превышать предельно установленного значения, то вводятся следующие ограничения:

$$x_{ij} \le f, \; i = \overline{1,n}, \; j = \overline{1,m}, \quad (7)$$

где f – максимальное количество аудиторных часов по дисциплине в неделю.

Кроме того, учитывая, что значения переменных x_{ij} должны быть целочисленными, вводятся условия

$$x_{ij} \in \{0,1,2,....\}. \quad (8)$$

Тогда задача оптимизации учебного плана на первом этапе может быть записана в следующем виде.

Минимизировать при условиях (1), (2), (4)-(8).

$$S = (b_1/2 - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{1j})^2 +$$

$$+ (b_2/2 - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{2j})^2 + \ldots$$

$$\ldots + (b_n/2 - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{nj})^2 \quad (9)$$

Действительно, задача оптимизации учебного плана в постановке (1)-(9) обеспечивает выполнение ГОС. Условия (1) контролируют обязательное изучение всех дисциплин стандарта в объеме не меньше заданного. Условия (2) и (7) обеспечивают контроль за нагрузкой на студента. Условия (4)-(6) отвечают за выполнение заданной последовательности изучения дисциплин. Условия (8) формализует реальную потребность в получении неотрицательных целочисленных значений искомых переменных x_{ij}, что сводит решаемую задачу к классу моделей целочисленного программирования. Функция (9) действует в направлении поиска такого учебного плана, при котором равномерно распределяется аудиторная и самостоятельная работа студентов (СРС). Действительно, суммарное количество часов аудиторных занятий и часов на СРС определяет общую трудоемкость изучения i-й дисциплины b_i. Параметры $b_i/2$ в выражении (9) отводят на аудиторную работу половину от общего объема изучения дисциплины, увеличение или уменьшение количества аудиторных часов от желаемого соотношения к СРС ведет к значительному увеличению значения критерия.

Задача (1)-(9) относится к задачам нелинейного программирования с целочисленными и булевыми переменными.

Второй этап. На этом этапе решаются m задач математического программирования отдельно по каждому j-му семестру по определению количества часов в неделю, отводимых на k-й вид занятия, $k = \overline{1,3}$ (1 – лекции, 2 – практические занятия, 3 – лабораторные занятия) по всем дисциплинам, для которых $x_{ij} > 0$.

Обозначим подлежащее определению количество часов в неделю, отводимых на k-й вид занятия по i-й дисциплине в j-м семестре, как y_{ik}^j (где i – порядковый номер изучаемой дисциплины).

Первая группа ограничений относится к объему аудиторных занятий в неделю на изучение i-й дисциплины в j-м семестре

$$\sum_{k=1}^{3} y_{ik}^j = x_{ij}, \quad i = \overline{1,n_j}, \quad (10)$$

Таблица 2

Структура модели учебного плана

Наименование дисциплины	Объем дисциплины в ГОС	Объем аудиторных часов	Самостоятельная работа студентов	Количество недель в семестре					
				1-й сем.	2-й сем.	…	j-й сем.	…	m-й сем.
				a_1	a_2	…	a_j	…	a_m
Дисциплина 1	b_1	$\geq c_1$	$b_1 - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{1j}$	x_{11}	x_{12}	…	x_{1j}	…	x_{1m}
Дисциплина 2	b_2	$\geq c_2$	$b_2 - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{2j}$	x_{21}	x_{22}	…	x_{2j}	…	x_{2m}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Дисциплина i	b_i	$\geq c_i$	$b_i - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{ij}$	x_{i1}	x_{i2}	…	x_{ij}	…	x_{im}
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Дисциплина n	b_n	$\geq c_n$	$b_n - \sum_{j=1}^{m} a_j x_{nj}$	x_{n1}	x_{n2}	…	x_{nj}	…	x_{nm}
				$\leq d_1$	$\leq d_2$	…	$\leq d_j$	…	$\leq d_m$
				Количество аудиторных часов в неделю					

где x_{ij} – объем аудиторных занятий в неделю в часах, отводимый на изучение i-й дисциплины в j-м семестре; n_j – количество дисциплин, изучаемых в j-м семестре. Данные ограничения означают, что суммарное количество часов в неделю, отводимых на лекции, практические и лабораторные занятия по i-й дисциплине в j-м семестре, должно быть равно x_{ij}, найденному на первом этапе (задача (1)-(9)).

Вторая группа ограничений отражает требование, заключающееся в том, чтобы количество часов на проведение определенного вида занятий не превышало имеющиеся фонды аудиторного времени соответственно лекционных аудиторий, классов и лабораторий

$$\sum_{i=1}^{n_j} y_{ik}^{j} \leq S_k^j; \quad k = \overline{1,3}, \qquad (11)$$

где S_k^j – максимальный объем времени в неделю, выделяемый на проведение k-го вида занятий в j-м семестре. Так, первое ограничение в (11) означает, что количество часов, отводимых на лекции, не должно превышать предельный фонд аудиторного времени работы лекционных аудиторий. Ограничения (2) могут быть записаны как для каждой дисциплины в отдельности, так и для ряда дисциплин. Действительно, лаборатория для проведения занятий по физике не может быть задействована под занятия по химии и наоборот. В то же время в компьютерном классе можно провести лабораторные работы по нескольким дисциплинам. Поэтому при составлении ограничений (11) необходимо учитывать данные обстоятельства.

При составлении учебного плана существуют ограничения, связанные с учебно-технологическими особенностями, отражающие необходимость предоставления обучающимся требуемого объема теоретических знаний, обучения практическим навыкам, навыкам проведения лабораторного или вычислительного экспериментов. Допустим, с каждым видом занятия связаны некоторые показатели, характеризующие уровень теоретической и практической подготовки в единице времени каждого вида занятия (косвенные показатели качества подготовки). Пусть уровень полученной теоретической подготовки в единице времени k-го вида занятий по i-й дисциплине равняется q_{ik}.

Ограничение отражает требования, чтобы при распределении часов на виды занятий уровень теоретической подготовки находился в пропорции, определяемой соотношением:

$$\frac{q_{i1}y_{i1}^j + q_{i2}y_{i2}^j + q_{i3}y_{i3}^j}{y_{i1}^j + y_{i2}^j + y_{i3}^j} \ge r_{i1},$$
$$i = \overline{1, n_j}\,. \qquad (12)$$

Ограничение аналогичного характера записывается и для уровня практической подготовки. Оно имеет вид:

$$\frac{w_{i1}y_{i1}^j + w_{i2}y_{i2}^j + w_{i3}y_{i3}^j}{y_{i1}^j + y_{i2}^j + y_{i3}^j} \ge r_{i2},$$
$$i = \overline{1, n_j}\,. \qquad (13)$$

где w_{ik} – уровень теоретической подготовки в единице времени k -го вида занятий.

Наконец, может иметься простое ограничение, согласно которому объем времени, отводимого, например на лабораторные работы, был в заданных пропорциях к объему времени, отводимого на лекции:

$$\frac{y_{i1}^j}{y_{i3}^j} \le v, \qquad i = \overline{1, n_j}\,. \qquad (14)$$

Нетрудно убедиться, что с помощью ряда алгебраических преобразований соотношения (12), (13) и (14) можно привести к нормальному линейному виду:

$$(q_{i1} - r_{i1})y_{i1}^j + (q_{i2} - r_{i1})y_{i2}^j +$$
$$+ (q_{i3} - r_{i1})y_{i3}^j \ge 0, \quad i = \overline{1, n_j}\,, \qquad (15)$$

$$(w_{i1} - r_{i2})y_{i1}^j + (w_{i2} - r_{i2})y_{i2}^j +$$
$$+ (w_{i3} - r_{i2})y_{i3}^j \ge 0, \ i = \overline{1, n_j}\,, \qquad (16)$$

$$y_{i1}^j - vy_{i3}^j \le 0, \ \ i = \overline{1, n_j}\,. \qquad (17)$$

Обозначим через p_{ik} затраты на проведение одного часа k -го вида занятия по i-й дисциплине. Очевидно, что затраты на проведение разных видов занятий для разных дисциплин различны. Так, оплата работы профессора, читающего лекцию, выше оплаты работы ассистента, ведущего лабораторную работу, затраты на проведение лабораторной работы (расход реактивов на проведение химических опытов, время использования ЭВМ и т.д.) выше, чем затраты на практическое занятие. Кроме того, лекции, как правило, проводятся для студентов нескольких групп, объединенных в потоки, практическое занятие – с группой, лабораторные работы – с подгруппой.

В соответствии с введенными обозначениями запишем целевую функцию

$$\sum_{i=1}^{n_j} p_{i1}y_{i1}^j + G\sum_{i=1}^{n_j} p_{i2}y_{i2}^j +$$
$$+2 \cdot G\sum_{i=1}^{n_j} p_{i3}y_{i3}^j\,, \qquad (18)$$

где G – количество групп студентов, занимающихся по данному учебному плану. В выражении (18) первое слагаемое представляет суммарные затраты на проведение лекций (все G групп объединены в поток), второе и третье слагаемые – суммарные затраты на проведение соответственно практических и лабораторных занятий.

Следовательно, задача заключается в том, чтобы минимизировать

$$\sum_{i=1}^{n_j} p_{i1}y_{i1}^j + G\sum_{i=1}^{n_j} p_{i2}y_{i2}^j +$$
$$+2 \cdot G\sum_{i=1}^{n_j} p_{i3}y_{i3}^j \to \min\,, \qquad (19)$$

при ограничениях

$$\sum_{k=1}^{3} y_{ik}^j = x_{ij}\,,\ i = \overline{1, n_j}\,, \qquad (20)$$

$$\sum_{i=1}^{n_j} y_{ik}^j \le S_k^j\,;\ k = \overline{1,3}\,, \qquad (21)$$

$$(q_{i1} - r_{i1})y_{i1}^j + (q_{i2} - r_{i1})y_{i2}^j +$$
$$+ (q_{i3} - r_{i1})y_{i3}^j \ge 0, \quad i = \overline{1, n_j}\,, \qquad (22)$$

$$(w_{i1} - r_{i2})y_{i1}^j + (w_{i2} - r_{i2})y_{i2}^j +$$
$$+ (w_{i3} - r_{i2})y_{i3}^j \ge 0,\ i = \overline{1, n_j}\,, \qquad (23)$$

$$y_{i1}^j - vy_{i3}^j \le 0, \quad i = \overline{1, n_j}\,, \qquad (24)$$

$$y_{ik}^j \in \{0,1,2,\ldots\}, k = \overline{1,3}\,. \qquad (25)$$

Задача оптимизации (19)-(25) позволяет получить учебный план, при котором затраты на учебный план минимальны, но выполнены требования государственного образовательного стандарта.

Поставленная задача может быть решена известными методами линейного целочисленного программирования. Математическая модель (1-9), (19-25) пригодна для описания учебных планов специальностей для широкого класса вузов. В то же время она может быть дополнена ограничениями, учитывающими специфику организации учебного процесса в каждом конкретном вузе.