

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

С.В. Зыкин, А.В. Кукин

In this article are presented the main aspects of the mathematical model of organization of the study process in university. As the basis for creation of the model five main elements were used: students, teachers, subjects, classrooms and time. The principles of coding information were given. The results of interaction between the basic elements were considered through the principles of creating adequate database. The schemes of the unified database on the principle of reduction of redundant information were proposed.

Введение

Высшее учебное заведение представляет собой сложную систему, объединяющую различные объекты. Отличительной особенностью является многоцелевой характер его деятельности, включающей не только подготовку специалистов, но и научные исследования, подготовку кадров высшей квалификации, переподготовку кадров, оказание дополнительных образовательных услуг и другие виды деятельности. Вузы, как правило, являются образовательными, научными и культурными центрами своего региона, что также накладывает определенные требования на систему целей их работы.

Специфика учебного заведения - существенное влияние человеческого фактора. Процесс обучения неразрывно связан с личностью преподавателя и студента. Вопросы как учить, чему учить и кого учить - постоянно будут в центре внимания. Можно с уверенностью предположить, что ответы на них всегда будут неоднозначны. И это прежде всего связано с человеческим фактором, с тем, что каждая личность предполагает индивидуальный подход к ответу на эти вечные вопросы. Формализация таких задач, связанных с отдельными личностями, создание на этой основе математических моделей и их исследование представляет собой сложную и не всегда разрешимую проблему в настоящее время. В то же время существуют задачи, формализация которых не только возможна, но и весьма целесообразна [1]:

- оптимальное проектирование учебных планов;
- планирование ресурсного обеспечения учебного процесса;

© 2002 С.В. Зыкин, А.В. Кукин

E-mail: zykin@iitam.omsk.net.ru akukin@sibadi.omsk.ru

Сибирская автодорожная академия

- календарное планирование учебного процесса;
- оперативное управление учебным процессом.

Это хорошо структурированные задачи, которые можно и нужно переводить на язык математики, исследовать и анализировать. С другой стороны, современные информационные технологии позволяют преобразовать данные математических моделей в информацию, которая дает возможность проанализировать с позиции различных критериев настоящее и будущее состояние процесса. Актуальность таких исследований очевидна особенно в последнее время, когда с вопросами организации учебного процесса тесным образом переплелись экономические факторы. Если для абитуриента и студента всегда интересно узнать график и содержание учебного процесса по конкретной специальности, то для администратора учебного заведения существует значительно больший перечень вопросов, ответы на которые могут внести существенные коррективы в настоящую и будущую деятельность. Например, много ли учебных заведений при вводе новых специальностей могут спрогнозировать изменение учебной нагрузки, потребность в аудиторном фонде, изменение штатного расписания на кафедрах, затраты в каждом семестре на создание и поддержание лабораторного оборудования. Для ответа на эти вопросы необходима математическая модель организации учебного процесса. Создание математической модели организации учебного процесса - неотъемлемое условие при долгосрочном планировании ресурсного обеспечения вуза.

1. Постановка задачи

Для создания модели учебного процесса в вузе предлагаются следующие этапы:

1. Выделить в системе объекты, которые лежат в основе организации учебного процесса.

2. Задать параметры объектов системы и принципы формирования производных объектов от основных.

3. Сформировать матрицу учебного процесса, представляющую собой таблицу взаимодействия основных и производных объектов системы организации учебного процесса.

4. Разработать систему целевых функций и критериев для заполнения матрицы учебного процесса на различных этапах проектирования учебного процесса в вузе.

5. Оценить информационную емкость матрицы учебного процесса и разработать алгоритм, направленный на уменьшение её разреженности.

6. Используя разработанный алгоритм компактного хранения, модифицировать систему целевых функций и критериев для заполнения матрицы учебного процесса на различных этапах проектирования учебного процесса.

7. Разработать алгоритмы по расчету показателей, характеризующих ресурсное обеспечение учебного процесса в произвольно заданном временном интервале.

Анализ системы организации учебного процесса позволяет выделить пять основных элементов: студент, преподаватель, дисциплина, аудитория и время. Эти объекты удобно рассматривать с позиции формирования реляционной ба-

зы данных, где используется табличное представление данных. В результате табличного представления данных можно получить информацию о том, когда и где для студента в течение всего срока обучения состоится занятие по каждой из дисциплин учебного плана и кто будет преподаватель. Предложенное определение системы организации учебного процесса не охватывает все поле ресурсного обеспечения деятельности учебного заведения, но тем не менее оно отражает взаимодействие основных элементов процесса и может выступить в качестве своеобразного фундамента для дальнейшего исследования этого вопроса. Если в качестве временного интервала для системы организации учебного процесса взять семестр, то фактически это является традиционным расписанием занятий для студенческих групп.

Основным документом, который определяет организацию учебного процесса, является учебный план. Традиционная форма представления учебного плана (рис.1.) не позволяет спланировать учебную нагрузку на каждый день учебного семестра, так как минимальным временным отрезком является учебная неделя. Это, в свою очередь, не позволяет корректировать учебную нагрузку с учетом нерабочих дней в течение семестра. Учесть этот фактор при планировании нагрузки достаточно просто, так как календарь известен на многие годы вперед. Тем не менее планирование на уровне недели позволяет спрогнозировать с достаточной точностью ресурсное обеспечение учебного процесса. Для кодировки учебных планов используется классификатор специальностей. В таблицу вводятся перечень всех специальностей, на которые вуз имеет лицензии или планирует получить, и их порядковый номер (SS). При организации учебного процесса необходимо учитывать и год начала обучения по рассматриваемой специальности.

Для формирования кода дисциплины в учебном плане можно использовать следующий принцип. Обозначение специальности учебного плана соответствует порядковому номеру в таблице всех специальностей, лицензированных для вуза (SS). Следующие два символа (NN) соответствуют последним двум цифрам года начала обучения по данному плану. Далее идут символы для обозначения типа дисциплины:

- ГСЭ – общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины;
- ЕН – общие математические и естественно-научные дисциплины;
- ОПД – общепрофессиональные дисциплины;
- СД – специальные дисциплины;
- ДС – дисциплины специализации;
- ФТД – факультативы.

Следующим параметром кода дисциплины является обозначение принадлежности предмета к федеральному (Ф), национально-региональному (вузовскому) компоненту (Р) или к дисциплине, изучаемой по выбору студента (В). Заключительными символами обозначения является порядковый номер в рамках каждого типа дисциплины (ММ). В общем случае обозначение дисциплины примет вид SS.NN.ГСЭ.Ф.ММ. Например, 03.01.ГСЭ.Ф.05 - дисциплина с порядковым номером 3 для студентов, начавших обучение в 2001 г. Предмет относится к типу общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин и

Код	Наименование дисциплины	Трудоемкость										Число недель в семестре				
		Все го	л е к ц и и	л а б	п р а к	с е м и н а р	сам раб	Э к з а м е н	Зачет	к у р с. п р	к у р с. р а б	Семестр				
												17		18		
												1	1	2	2	
Л	Пр	Л	Пр													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
ГСЭ	Общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины															
ГСЭ.Ф.00	Федеральный компонент	1260														
ГСЭ.Ф.01	Иностранный язык	340	0		176		164	4	1,2,3				3		2	
ГСЭ.Ф.02	Физическая культура	408	0		140		268		1,2,3,4				2	2		2
ГСЭ.Ф.03	Отечественная история	108	34		34		40	1				2	2			
ГСЭ.Ф.06	Правоведение	70	18		36		16	4								
ГСЭ.Ф.07	Психология и педагогика	70	18		18		34	3								
ГСЭ.Ф.10	Философия	108	34		34		40	1				2	2			
ГСЭ.Ф.11	Экономика	156	36		36		84	2			2			2	2	
ГСЭ.В.00	Национально-региональный (вузовский) компонент	270														
ГСЭ.В.01	Социология	90	18		18		54	3								
ГСЭ.В.02	Политология	90	34		18		38	3								
ГСЭ.В.03	Деловой иностранный язык	90	0		36		54		5,6							
ГСЭ.В.00	Дисциплины по выбору студентов	270														
ГСЭ.В.01	Русский язык и культура речи	70	18		18		34		2					1	1	
ГСЭ.В.02	Культурология															
ГСЭ.В.03	Социология маркетинговых исследований	70	18		0		52		3							
ГСЭ.В.04	История Омского региона															
ГСЭ.В.05	Профессиональный иностранный язык	130	0		64		66	8	7							
	Всего ГСЭ	1800														

Рис. 1. Фрагмент рабочего учебного плана

принадлежит к федеральному компоненту. Порядковый номер равен 5 в рамках рассматриваемого типа дисциплины.

Система кодировки учебных групп принимается следующая. Код группы должен быть однозначным и максимально информационным. Удобно использовать кодировку, которая является производной от специальности, года начала обучения по текущей специальности и порядкового номера группы (PP). Так как обозначение специальности в принятом министерством кодировщике может содержать более шести символов, удобно использовать порядковый номер специальности в таблице всех специальностей, лицензированных для вуза (SS). Год начала обучения по рассматриваемой специальности можно определять двумя последними цифрами обозначения года (NN). Таким образом, код группы будет представлен в виде SSNNPP. Например, 030102 - группа, обучающаяся по специальности с номером 3 с 2001 г. и имеющая порядковый номер 2. Если для проведения занятия необходимо разделить группу на подгруппу, то к коду группы добавляются цифры 1 или 2, обозначающие номер подгруппы. Например, 0301022 - подгруппа, обучающаяся по специальности с номером 3 с 2001 г., относящаяся к группе с порядковым номером 2 и к подгруппе с номером 2. Параметры «код группы», «код подгруппы» и «порядковый номер группы» для студента могут изменяться в ходе обучения.

Предлагается такая система кодировки графика учебного процесса, при которой индекс каждой недели однозначно определяет занятость студента в этот период. Вводятся следующие обозначения:

M_j – число сегментов(переломов в расписании) в j семестре;

K_{ij} – число недель в i сегменте j семестра;

P_{ij} – число кратности недель в i сегменте j семестра;

S_j – число учебных недель в j семестре.

Принцип кодировки видов учебного процесса допускает использовать в принятой системе до 9 переломов (сегментов) в одном семестре. Для организации учебного процесса в ряде учебных заведений используют так называемые пусковые недели, когда основной объем учебной нагрузки составляют лекции. В этом случае при предлагаемой системе формирования графика учебного процесса вводится дополнительный перелом в расписании. Если планируется только 1 пусковая неделя, то принимается кратность и число недель для рассматриваемого сегмента равных 1.

Число недель с подобным расписанием в i сегменте j семестра можно определить по формулам

$$V = \text{int}(K_{ij}/P_{ij});$$

$$E = K_{ij} \bmod P_{ij};$$

$$N_{ik} = V + 1, \text{ если } k \leq E;$$

$$N_{ik} = V, \text{ если } k > E; k = \overline{1, P_{ij}}; i = \overline{1, m_j},$$

где N_{ik} – число недель с подобным расписанием в i сегменте; int – функция, возвращающая целую часть действительного числа; \bmod – операция, которая возвращает остаток от деления целых чисел.

Для планирования организации учебного процесса необходимо сформировать массив, где номер недели в учебном плане даёт информацию о виде недели dx по номеру в течение всего срока обучения. Принцип обозначения недель в период учебных занятий в массиве принимается следующий: $1n, 2n, 3n, 4n$ – n -я однотипная неделя регулярного расписания 1, 2, 3 и 4-го сегмента семестра. Для всех других видов недель, для которых не запланированы учебные занятия, $dx = 0$.

График учебного процесса содержит различные виды деятельности в ходе подготовки специалиста (таблица).

В соответствии с принятыми выше обозначениями для задания вида недели, согласно графику учебного процесса, можно сформировать матрицу

$$B_{rj} = 100t_r + dx_j + dy_j \quad (r = \overline{1, L}; j = \overline{1, M}),$$

где L – число планов (специальностей по годам приема), организация обучения по которым попадает в рассматриваемый временной интервал; t_r – номер семестра для рассматриваемого учебного плана; M – число недель в рассматриваемом интервале обучения.

Таблица соответствия видов деятельности и кодов

Вид деятельности	Код (<i>dy</i>)
Учебные занятия	0
Экзамены	1
Государственная аттестация	2
Учебная практика	3
Производственная практика	4
Преддипломная практика	5
Самостоятельная работа заочников	6
Квалификационная работа	7
Каникулы	8
Военные сборы	9

Введя систему кодировки учебных групп, учебных планов и дисциплин в зависимости от года начала обучения, используя приказ о закреплении дисциплин за кафедрами, информацию о делении студенческих групп на потоки и подгруппы в зависимости от численности студентов в группе, было получено табличное представление организации учебного процесса, фрагмент которого представлен на рис.2. В качестве значений строк «Вид недели» выступают элементы матрицы B , принципы формирования которой рассмотрены выше.

Из представленной таблицы можно сформировать матрицу, в которой хранятся все учебные часы, распределенные для всех групп по каждому виду занятия и для каждой недели учебного плана:

$$A_{ij}, \quad i = \overline{1, N}; \quad j = \overline{1, 3M},$$

где N – число строк матрицы.

При определении числа строк N необходимо учитывать количество всех специальностей, количество дисциплин для каждой специальности, число учебных групп и подгрупп, для которых будут преподаваться дисциплины. Принципиальным моментом является тот факт, что учебные планы по одной специальности, но для разных лет начала приема студентов рассматриваются как планы для различных специальностей. Это также должно учитываться при определении величины N .

В представленной таблице за первую учебную неделю принята неделя в период с 2.09.02 по 8.09.02 г. Для учебных групп, которые начали обучения в 1999 году, первой недели рассматриваемого интервала соответствует порядковый номер 70, согласно графику учебного процесса по этой специальности.

Следующим этапом организации учебного процесса является составление расписания занятий. Это трудоемкая операция, при которой приходится выполнять много ограничений, связанных с графиком работы отдельных преподавателей, загруженностью аудиторий и студенческих групп. Но является очевидным, что объединение всех учебных планов в табличное представление учебного процесса позволяет решить вопросы рационального планирования аудиторной, кафедральной и студенческой загруженности в любом интервале времени.

Дисциплина	Дата		2-8.	9-15.	16-22.	23-29.	30-6.	3-9.												
			09.02	09.02	09.02	09.02	10.02	07.06												
	№ недели		1	2	3	4	5	252(M)												
Вид недели (В)		110	111	112	111	112	1002													
П о т о к	Группа	№ п.п	Вид занятия																	
			Л	П	Л	Л	П	Л	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
03.02.Е Н.Ф.05	1	030201	1	4		2	2		2	2	2		2							
		030202	2	4		2	2		2	2	2		2							
03.02.ГС Э.Ф.07	1	030201	3	6		4	2	2		4	2	2								
		030202	4	6		4	2	2		4	2	2								
			5																	
			№ недели	70		71		72		73		74								
			Вид недели	510		511		512		511		512								
02.99.Е Н.Ф.01	1	029901	151	4		2		2	2		2		2	2	2					
		029902	152	4		2		2	2		2		2	2	2					
		029903	153	4		2		2	2		2		2	2	2					
02.99.Е Н.Ф.04	1	029901	154	6		2	4		2	2		2	A _{ij}							
	2	029902	155	6		2	4		2	2		2								
		029903	156	6		2	4		2	2		2								
			N																	

Рис. 2. Табличное представление организации учебного процесса

Одной из очевидных задач распределения учебных часов при выполнении графика учебного процесса является возможность равномерного распределения всех видов нагрузки по каждой неделе. Это позволит, в свою очередь, облегчить процесс составления расписания, так как не будет учебных недель, в которых из-за нерационального планирования учебного процесса будет необходимо значительно больше аудиторного фонда. Для этой задачи целевая функция примет вид:

$$\sum_{j=1}^{3M} \frac{\sum_{i=1}^N (A_{ij} - \bar{A}_i)^2}{\Delta A_j} \rightarrow \min,$$

где \bar{A}_i – средняя недельная нагрузка по виду занятия; ΔA_j – относительная погрешность (отступление от среднего) на j -й неделе.

При суммировании значений по видам занятий следует учитывать разбивку учебных групп на потоки, так как лекционные занятия для нескольких групп

проходят в одной аудитории, а в матрице A учебные часы приведены на каждую группу.

Моделирование учебного процесса на основе обобщенной таблицы (рис.2.) позволяет не только поставить задачи равномерного распределения, но и запланировать уменьшение аудиторной нагрузки в определенные недели. Это часто бывает необходимо для организации ремонтных работ. Перспективное планирование недельной нагрузки поможет оценить ресурсное обеспечение учебного процесса при вводе новых специальностей, изменение нагрузки по кафедрам и др.

2. Реализация информационной системы

Для того чтобы результаты математического моделирования имели практическую реализацию, необходимо создать информационную систему. Рассматриваемая задача относится к области создания баз данных. В свою очередь, в зависимости от идеологии проектировании системы управления базой данных потребуются дополнительные уточнения для математической модели, необходимые для реализации информационной системы. Как указывалось выше, данная предметная область наилучшим образом может быть реализована через реляционную базу данных. Это обусловлено тем, что основой пользовательского представления данных является табличное представление. Причем во всех таблицах в большинстве случаев используются одни и те же данные, изменяется только контекст. Для решения проблемы избыточности и как следствие — противоречивости данных необходимо использовать технологию построения единой базы данных на основе принципов нормализации отношений. Основы данной технологии изложены в работах [2, 3]. В [4] подробно рассмотрен пример использования данной технологии.

В данной работе используется подход к созданию информационной системы в среде СУБД Microsoft Access. Учитывая тот факт, что жизненный цикл данных значительно больше, чем жизненный цикл программного обеспечения и задач, которые решаются с использованием этих данных, предусматривается устойчивость информационной системы за счет нормализации отношений. Данная система может быть импортирована в другие СУБД, реализующие реляционный принцип построения данных.

Проанализировав пять основных объектов системы (студент, преподаватель, дисциплина, аудитория и время), мы выделили базисный набор атрибутов. После решения проблемы омонимов и синонимов этот набор имеет следующий вид.

1. Наименование вида обучения (краткое) [Текстовый];
2. Номер вида учета успеваемости [Счетчик];
3. Наименование учета (полное) [Текстовый] (экзамен, зачет...);
4. Наименование учета (краткое) [Текстовый];
5. Номер типа компонента [Счетчик];
6. Наименование типа [Текстовый] (федеральный, региональный, по выбору ...);
7. Номер вида обучения [Счетчик];

8. Наименование вида обучения (полное) [Текстовый] (лекции, практики ...);
9. Значок вида обучения [Текстовый];
10. Номер кафедры [Счетчик];
11. Название кафедры (полное) [Текстовый];
12. Название кафедры (краткое) [Текстовый];
13. Номер факультета [Счетчик];
14. Название фак-та (полное) [Текстовый];
15. Название фак-та (краткое) [Текстовый];
16. Номер специальности [Счетчик];
17. Код специальности [Текстовый] (по классификатору);
18. Наименование спец-ти (полное) [Текстовый];
19. Наименование спец-ти(кратк.) [Текстовый];
20. Число учебных семестров (всего) [Числовой];
21. Номер дисциплины [Счетчик];
22. Название дисциплины (полное) [Текстовый];
23. Название дисциплины (краткое) [Текстовый];
24. Номер недели [Числовой];
25. Дата начала недели [Дата/время];
26. Дата конца недели [Дата/время];
27. Номер семестра [Числовой];
28. Кол-во групп студентов [Числовой];
29. Дата начала занятий [Дата/время] (1-я учебная неделя (1-й курс));
30. Требования стандарта [Текстовый] (Ссылка на WWW-адрес);
31. Общее кол-во студентов [Числовой];
32. Кол-во студентов (бюджет) [Числовой];
33. Кол-во студентов (внебюджет) [Числовой];
34. Всего часов на дисциплину [Числовой] (В семестре (общее));
35. Количество часов в неделю (план) [Числовой];
36. Часы на дисциплину [Числовой] (Общее кол-во часов);
37. Плановые часы на дисциплину [Числовой] (План на семестр по занятиям);
38. Номер группы [Текстовый] (Символьный код);
39. Наименование группы [Текстовый].

После выделения и преобразования множества функциональных и многозначных зависимостей была сформирована следующая схема базы данных. Базисными компонентами этой схемы являются элементарные объекты – таблицы. Для краткости атрибуты объектов записаны в виде номеров, ключевые атрибуты выделены более жирным шрифтом.

1. Виды обучения (**7**, 8, 1, 9)
2. Виды учета успеваемости (**2**, 3, 4)
3. График недельной нагрузки (**16**, **21**, **5**, **7**, **24**, **27**, **29**, 35)
4. Занятия в группах (**16**, **21**, **5**, **27**, **7**, **29**, **38**)
5. Кафедры (**10**, 11, 12, 13)
6. Нагрузка-план по специальности (**16**, **21**, **5**, **29**, 36)
7. Перечень дисциплин (**21**, 22, 23)
8. Перечень недель обучения (**16**, **24**, **29**, 25, 26)

9. Перечень специальностей (16, 17, 18, 19)
10. План на семестр-занятия (16, 21, 5, 7, 29, 37)
11. План на семестр-общий (16, 21, 5, 27, 29, 34, 10)
12. Сведения о студентах (16, 27, 29, 28, 31, 32, 33)
13. Список групп (38, 39, 13)
14. Стандарты обучения (16, 29, 20, 30)
15. Типы компонент (5, 6)
16. Учет успеваемости (2, 16, 21, 5, 27, 29)
17. Факультеты (13, 14, 15)

Для перечисленных таблиц сформированы схема данных с указанием связей и ограничений целостности на данные. Следующим этапом проектирования информационной системы станет создание форм для ввода данных в соответствии с требованиями пользователей и формирование типовых отчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.П.Чучалин, В.З.Ямпольский, В.Н.Чудинов и др. *Моделирование управления учебным процессом вуза*. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1992. 180 с.
2. Мейер Д. *Теория реляционных баз данных*. М.: Мир, 1987. 608 с.
3. Ульман Дж. *Основы систем баз данных*. М.: Финансы и статистика, 1983. 334 с.
4. Зыкин С.В. *Базы данных. Методические указания для выполнения индивидуальных заданий*. Омск: ОмГУ, 1999. 23 с.