

УДК 004.03

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ

Варламова С.А., Белобородова Е.В., Затонский А.В.

Березниковский филиал Пермского ГТУ

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

Предложен и реализован способ оценки эффективности распределения учебной нагрузки между преподавателями кафедры.

Проблемы разработки систем менеджмента качества (СМК) высшей школы в последние годы приобрели общепризнанную актуальность и являются основной движущей силой реформы системы высшего образования в России [1]. Существует несколько подходов, позволяющих построить систему менеджмента качества вуза. Одним из них является принцип Всеобщего менеджмента качества (Total Quality Management – TQM). Принципами TQM являются ориентация на потребителей образовательных услуг, системный подход к менеджменту образовательного процесса, подход к управлению как к процессу, вовлечение сотрудников в процессы менеджмента и постоянное улучшение системы качества. Согласно TQM, для достижения реальной эффективности принимаемых решений в системе менеджмента качества предоставления образовательных услуг необходимо добиться закрепления принципа принятия решений, базирующегося на анализе данных и информации, исключая волюнтаризм и авторитарность [2]. В том числе, проблемой, решение которой непосредственно влияет на качество образования, является принятие решений о распределении нагрузки между преподавателями.

Исследуем организацию учебного процесса в ВУЗе. Преподаватели преподают дисциплины студентам. По каждой дисциплине студенты должны пройти курс, на который в учебном плане отводится некоторое количество часов. Эти учебные часы составляют нагрузку препода-

вателей. Пусть на кафедре работают несколько преподавателей, некоторые из них могут вести несколько предметов, некоторые – только один.

Цель работы – распределить нагрузку между преподавателями оптимальным в некотором смысле образом. Для достижения цели необходимо решить ряд задач:

- сформировать разумный критерий качества распределения нагрузки;
- выбрать метод принятия решения;
- опробовать выбранный метод на тестовом примере.

Примем за критерий распределения нагрузки компетентность преподавателя в конкретной дисциплине. Компетентность представим комплексным критерием, учитывающим ряд факторов, которые поддаются непосредственному вычислению.

В качестве примера решим такую задачу: студенты направления «Информатика и вычислительная техника» изучают такие дисциплины, как «Информатика», «Операционные системы и среды», «Базы данных», «Информационные технологии», «Системное ПО», «Теория принятия решения», «САПР».

Допустим, что компетенция преподавателей ограничена и соответствует таблице 1, где закрашенная клетка означает, что преподаватель в принципе может вести дисциплину.

Так, преподаватель П1 может вести дисциплины «Базы данных», «Системное ПО», «Информационные технологии» и «САПР».

Таблица 1. Компетентность преподавателей

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика					
2 курс	ОС и среды					
	Базы данных					
3 курс	Теория принятия решения					
	Системное ПО					
4 курс	Информационные технологии					
	САПР					

Решение задачи оптимального распределения нагрузки сведем к решению задачи о распределении ресурсов [3]. Составим целевую функцию:

$$L = \sum_i \sum_j C_{ij} * x_{ij} \rightarrow \text{MAX}, \tag{1}$$

где x_{ij} – количество часов, отведенных на i -дисциплину.

Примем, что коэффициент, учитывающий компетентность j -го преподавателя в i -ой дисциплине C_{ij} рассчитывается по формуле:

$$C_{ij} = \alpha_z * Z_{ij} + \alpha_M * M_{ij} + \alpha_n * n_{P_i}^b + \alpha_u * u_i + \alpha_w * w_{ij}, \tag{2}$$

где Z_{ij} - коэффициент, учитывающий стаж преподавания i -ой дисциплины j -ым преподавателем;

M_{ij} – коэффициент, учитывающий методические разработки j -го преподавателя по i -ой дисциплине;

$n_{P_i}^b$ – коэффициент, учитывающий результаты итогового тестирования по i -ой дисциплине;

u_j - коэффициент, учитывающий ученую степень j -го преподавателя;

w_{ij} - коэффициент, учитывающий предпочтение j -го преподавателя вести i -ую дисциплину.

Для расчета этих коэффициентов предлагаются следующие формулы, основанные на здравом смысле и доступной информации о ходе учебного процесса.

Весовые коэффициенты α_k предположим равными 1, так как их обоснованный выбор выходит за цели настоящей работы и является предметом экспертной оценки сравнительной важности параметров.

Расчет коэффициента Z_{ij} , учитывающего стаж j -го преподавателя по i -ой дисциплине произведем по формуле:

$$Z_{ij} = \frac{s_{ij}}{\max_i \{s_{ij}\}} * a_j * \frac{1}{N}, \tag{3}$$

где N – количество конкурентов на преподавание i -ой дисциплины,

s_{ij} – стаж преподавания j -го преподавателя i -ой дисциплины,

$$a'_j = \frac{a_j}{\max_j \{a_j\}}$$

– нормированный относительно максимального значения a_j стаж,

a_j – общий стаж преподавания j -го преподавателя. Так как преподаватель одновременно

$$a_j \neq \sum_i s_{ij}$$

может вести сразу несколько дисциплин, то

Предположим, что преподаватели имеют следующие стажи преподавания s_{ij} (табл. 2).

Таблица 2.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика		12		5	4
	ОС и среды		9	15	2	
2 курс	Базы данных	20			1	
	Теория принятия решения		9			4
3 курс	Системное ПО	10				2
	Информационные технологии	8		13		
4 курс	САПР	9		5		
	Общий стаж работы a_j	30	14	20	5	7

Из таблицы 2 видно, что общий стаж преподавания преподавателя П1 – 30 лет. Из этих тридцати лет преподаватель П1 20 лет преподает базы данных, 10 лет – системное ПО, 8 лет – информационные технологии и 9 лет – САПР. В нашем примере максималь-

ный стаж имеет преподаватель П1, поэтому $a'_j = \frac{a_j}{30}$. Получим следующие значения a'_j (табл. 3):

Таблица 3.

Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
Нормированный стаж a'_j	1	0,467	0,667	0,167	0,233

Подставим значения в формулу 3, получим следующие коэффициенты Z_{ij} (табл. 4).

Расчет коэффициента M_{ij} , учитывающего количество методических пособий, разработанных j -ым преподавателем по i -ой дисциплине произведем по формуле

$$M_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_i k_{ij}} * \frac{1}{N}, \quad (4)$$

где N – количество «конкурентов»;

k_{ij} – количество методических пособий, разработанных j -ым преподавателем по i -ой дисциплине. Будем учитывать именно количество методических пособий безотносительно их объема, поскольку сложно предположить обоснованную методику учета объема пособий.

Таблица 4.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика		0,156		0,023	0,026
2 курс	ОС и среды		0,093	0,222	0,007	
	Базы данных	0,5			0,004	
3 курс	Теория принятия решения		0,234			0,052
	Системное ПО	0,5				0,023
4 курс	Информационные технологии	0,308		0,334		
	САПР	0,5		0,186		
	Нормированный стаж	1	0,467	0,667	0,167	0,233

Предположим, что преподавателями за все время работы разработано следующее количество k_{ij} учебных пособий (табл. 5)

Таблица 5.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика		5		1	2
2 курс	ОС и среды		6	4	1	
	Базы данных	9			0	
3 курс	Теория принятия решения		4			2
	Системное ПО	3				0
4 курс	Информационные технологии	5		10		
	САПР	8		2		

Применив формулу 4, получим следующие коэффициенты M_{ij} (табл.6):

Таблица 6.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	информатика		0,208		0,042	0,083
2 курс	ОС и среды		0,182	0,121	0,031	
	Базы данных	0,5			0	
3 курс	Теория принятия решения		0,334			0,167
	Системное ПО	0,5				0
4 курс	Информационные технологии	0,167		0,334		
	САПР	0,4		0,1		

Совершенствование контроля качества образования является одним из важнейших направлений реформирования системы российского образования. В настоящее время в России одновременно с

существующей традиционной системой оценки и контроля результатов обучения складывается новая система, основанная на использовании тестовых технологий. Это вызвано потребностью в получении

независимой объективной информации о результатах деятельности образовательных учреждений: проверка знаний, умений и навыков студентов, компетентности преподавателя, оценки качества образования. [4]

Пусть после изучения некоторой дисциплины у j -го преподавателя студенты проходят итоговое тестирование по этому предмету. Причем тестовые задания составляются независимыми тестологами, а за ходом тестирования следит комиссия проверяющих, в которую не входит данный преподаватель. Рассчитаем коэффициент $n_{P_i}^b$ по результатам этого тестирования.

Назначим следующие весовые коэффициенты v_j оценок, полученных в результате тестирования:

$$\text{«5»}: v_1 = 0.45$$

$$\text{«4»}: v_2 = 0.35$$

$$\text{«3»}: v_3 = 0.2$$

$$\text{«2»}: v_4 = 0$$

$$n_{P_i}^b = \sum_j v_j * p_{ij} = \frac{0.45 * p_{i1} + 0.35 * p_{i2} + 0.2 * p_{i3} + 0 * p_{i4}}{S} \quad (5),$$

где S – количество студентов, сдававших экзамены по i -ой дисциплине;

b – дисциплина;

p_{ij} – количество студентов, получивших j -ую оценку.

Очевидно, что при принятых значениях весов оценок коэффициент $n_{P_i}^b \in [0, 0.45]$.

Зададимся разумными результатами тестирования. Рассчитаем коэффициенты по формуле 5. Получим следующие значения коэффициентов $n_{P_i}^b$ (табл. 7):

Таблица 7.

Информатика	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n_{P_i}^b$
	5	4	3	2	
П2	10	17	9	4	0,306
П4	16	7	9	8	0,286
П5	13	15	2	10	0,288

Выбор весовых коэффициентов основывается на следующем:

- оценка знаний «5» требует отличного знания предмета, поэтому вес оценки очень высок по сравнению с другими оценками (0,45);

- оценка «4» означает, что студент довольно хорошо (но не на 100%) ориентируется в данной дисциплине. Вес меньше, чем вес оценки «5», но все-таки достаточно высок (0,35);

- оценка «3» - знания в данной области посредственные. Вес оценки «3» незначительный (0,2);

- оценка «2» - знание предмета неудовлетворительное. За такое качество знаний вес не назначается (0).

$$\sum_i v_j = 1$$

В сумме вес оценок i , то есть их можно рассматривать как нормированные весовые коэффициенты полученных оценок.

Расчет коэффициента $n_{P_i}^b$, учитывающего результаты итогового тестирования по i -ой дисциплине проведем по формуле

Операционные системы	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n^{oc} P_i$
	5	4	3	2	
П2	11	12	9	8	0,274
П3	15	8	7	10	0,274
П4	8	14	13	5	0,278

Базы данных	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n^{бд} P_i$
	5	4	3	2	
П1	9	15	10	6	0,283
П4	8	10	11	11	0,233

Теория принятия решений	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n^{тпр} P_i$
	5	4	3	2	
П2	14	8	9	9	0,273
П5	7	10	10	13	0,216

Системное ПО	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n^{спо} P_i$
	5	4	3	2	
П1	8	19	12	1	0,316
П5	11	7	12	10	0,245

Информационные технологии	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n^{ит} P_i$
	5	4	3	2	
П1	4	18	10	8	0,253
П3	12	17	8	3	0,324

САПР	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	$n^{сапр} P_i$
	5	4	3	2	
П1	12	5	20	3	0,279
П3	14	3	18	5	0,274

Сведем полученные коэффициенты $n_{P_i}^b$ в одну (табл. 8):

Таблица 8.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика		0,306		0,286	0,288
2 курс	ОС и среды		0,274	0,274	0,278	
	Базы данных	0,283			0,233	
3 курс	Теория принятия решения		0,273			0,216
	Системное ПО	0,316				0,245
4 курс	Информационные технологии	0,253		0,324		
	САПР	0,279		0,274		

Основываясь на результатах, приведенных в таблице 8, можно сделать вывод, что, например, студенты, изучавшие дисциплину «Информатика» у преподавателя П2, знают ее лучше, чем студенты, изу-

чавшие информатику у преподавателей П4 и П5; а преподаватели П2 и П3 обеспечивают одинаковый уровень знаний студентов по дисциплине «Операционные систе-

мы и среды», так как соответствующие коэффициенты равны.

Исходя из требований к лицензированию вуза, доля преподавателей с учеными степенями докторов наук и учеными званиями профессоров, привлекаемых к образовательному процессу, должна быть не менее 10%, а общий процент профессорско-преподавательского состава, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук, должен быть не менее 67% [5]. Поэтому при расчете коэффициента

компетентности преподавателя C_{ij} - немаловажную роль играет его ученая степень.

В Российской Федерации существуют ученые степени кандидата наук и доктора наук. Примем за весовые коэффициенты u_j , учитывающие ученую степень j -го преподавателя:

- Кандидат наук $u_1 = 2$.
- Доктор наук $u_2 = 3$.

Допустим, в нашем примере степень кандидата наук имеют преподаватели П2 и П3, а ученую степень доктора наук – преподаватель П4. Составим таблицу коэффициентов u_j (табл. 9).

Таблица 9.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика		2		0	0
2 курс	ОС и среды		2	2	0	
	Базы данных	3			0	
3 курс	Теория принятия решения		2			0
	Системное ПО	3				0
4 курс	Информационные технологии	3		2		
	САПР	3		2		

За желание вести i -ую дисциплину добавим соответствующему j -му преподавателю $W_{ij} = 0,4$ балла. Это разумно, поскольку нерационально назначать на

грузку преподавателю, который не склонен вести конкретную дисциплину.

Предположим, что желания профессорско-преподавательского состава W_{ij} разделились следующим образом (табл. 10):

Таблица 10.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика				0,4	
2 курс	ОС и среды		0,4	0,4	0,4	
	Базы данных	0,4				
3 курс	Теория принятия решения		0,4			0,4
	Системное ПО	0,4				0,4
4 курс	Информационные технологии			0,4		
	САПР	0,4		0,4		

По формуле 2 получим матрицу C_{ij} сложением матриц коэффициентов, приведенных в таблицах 4, 6, 8, 9 и 10 (табл. 11). Очевидно, что, в случае, если преподаватель не компетентен в преподавании дисциплины (см. табл. 1), $C_{ij} \equiv 0$

Таблица 11.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика	0	4,382	0	1,006	0,682
2 курс	ОС и среды	0	4,257	6,13	0,821	0
	Базы данных	14,183	0	0	0,317	0
3 курс	Теория принятия решения	0	5,109	0	0	1,249
	Системное ПО	9,216	0	0	0	0,878
4 курс	Информационные технологии	7,42	0	7,393	0	0
	САПР	8,579	0	4,441	0	0

Для формализации ограничений составим табл.12, содержащую решение нашей задачи, где x_{ij} – количество часов, отведенных на i -ую дисциплину j -му преподавателю.

Таблица 12.

	Преподаватели	П1	П2	П3	П4	П5
	Дисциплины					
1 курс	Информатика	x11	x12	x13	x14	x15
2 курс	ОС и среды	x21	x22	x23	x24	x25
	Базы данных	x31	x32	x33	x34	x35
3 курс	Теория принятия решения	x41	x42	x43	x44	x45
	Системное ПО	x51	x52	x53	x54	x55
4 курс	Информационные технологии	x61	x62	x63	x64	x65
	САПР	x71	x72	x73	x74	x75

Введем ограничения на распределение нагрузки:

1. j -му преподавателю нельзя вести i -ую дисциплину, если он в ней совершенно некомпетентен, поэтому введем требование $x_{ij} \geq 0 \iff C_{ij} > 0$.

2. Нагрузка должна быть равномерно распределена между преподавателями. Например, коэффициент компетентности преподавателя П1 гораздо выше коэффициента компетентности любого другого преподавателя, так как у него самый большой стаж работы, большое количество методических пособий, есть ученая степень и т.д. Но «отдать» ему вести все дисциплины нельзя, иначе менее компетентные преподаватели останутся без нагрузки, а преподаватель П1 будет перегружен.

Пусть на каждую дисциплину отведено 140 часов. Введем ограничение на нагрузку: максимальная нагрузка преподавателя в семестре не должна превосходить $X_{MAX} = 280$ часов (т.е. преподаватель не может вести в одном семестре более двух дисциплин). Однако может случиться так, что молодые преподаватели не получат часов для нагрузки (так как большую роль в расчете играет коэффициент компетентности, куда входит и стаж, и степень, и разработанные преподавателем методические пособия). Поэтому введем ограничение и на минимальную нагрузку: нагрузка преподавателя должна быть не менее $X_{MIN} = 140$ часов в семестр.

Получим следующие ограничения:

- a) $140 \leq x_{31} + x_{51} + x_{61} + x_{71} \leq 280$ (для преподавателя П1);
 б) $140 \leq x_{12} + x_{22} + x_{42} \leq 280$ (для П2);
 с) $140 \leq x_{23} + x_{63} + x_{73} \leq 280$ (для П3);
 д) $140 \leq x_{14} + x_{24} + x_{34} \leq 280$ (для П4);
 е) $140 \leq x_{15} + x_{45} + x_{55} \leq 280$ (для П5).

3. Преподаватель не должен вести больше одной дисциплины у одной группы одновременно. Это не строгое и, возможно, спорное ограничение, но оно обусловлено тем, что кругозор студентов с большей долей вероятности может расширяться при общении с большим количеством преподавателей. Введем следующие ограничения:

а) $x_{24} + x_{34} \leq 140$ (преподаватель П4 может преподавать группе 2 курса и операционные системы и базы данных, не дадим ему такой возможности);

б) $x_{45} + x_{55} \leq 140$ (преподаватель П5 может преподавать группе 3 курса и

теорию принятия решений, и системное ПО);

с) $x_{61} + x_{71} \leq 140$ (преподаватель П1 может преподавать группе 4 курса и информационные технологии и САПР);

д) $x_{63} + x_{73} \leq 140$ (преподаватель П3 может преподавать группе 4 курса информационные технологии и САПР).

Найдем решение задачи при помощи надстройки «Поиск решения» Microsoft Excel, ставя задачу максимизации целевого параметра (1). Результат представлен в табл. 13.

Таблица 13.

	Дисциплины	П1	П2	П3	П4	П5
1 курс	Информатика	0	0	0	140	0
2 курс	ОС и среды	0	0	140	0	0
	Базы данных	140	0	0	0	0
3 курс	Теория принятия решения	0	140	0	0	0
	Системное ПО	0	0	0	0	140
4 курс	Информационные технологии	0	0	140	0	0
	САПР	140	0	0	0	0

Получили следующее распределение нагрузки (таблица 12):

- Преподаватель П1 будет вести базы данных у группы 2 курса и САПР у группы 4 курса.

- Преподаватель П2 – теорию принятия решений у 3 курса.

- Преподаватель П3 – операционные системы и среды (2 курс) и информационные технологии (4 курс).

- Преподаватель П4 - информатику (1 курс).

- Преподаватель П5 – системное программное обеспечение у группы 3 курса.

Проверка решения, приведенного в табл. 13, подтверждает, что соблюдаются все ограничения. Нагрузка распределена равномерно.

Вывод: построена модель, позволяющая распределить нагрузку между

преподавателями, определены ограничения, приняты допущения, выбран метод поиска и решен тестовый пример. Актуальность и практическая значимость работы определяется тем, что российская система образования сейчас находится в процессе реформирования, повышаются контроль и требования к качеству образования. Добиться повышения качества можно, в том числе, рациональным распределением нагрузки между преподавателями путем интеграции разработанной модели в информационно-управляющую систему ВУЗа или кафедры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Варламова С.А. Эффективное представление информации для обеспечения деятельности филиала ВУЗа / С.А. Варламова, А.В. Затонский // Математические методы в технике и технологиях: Ма-

териалы 20-й Международ. науч. конф., Т.9– Ярославль, 2007.– С.220-226

2. Затонский А.В. Информационная система обеспечения качества образования в вузе / А.В. Затонский, Н.С. Калинина // Математические методы в технике и технологиях: Материалы 19-й Международ. науч. конф., Т.4. Воронеж, 2006, С.173-177

3. Орлов А.И. Теория принятия решений: учебник. – М.: Экзамен, 2006. – 574 с.

4. Ковалева Г.С., Сацевич С.В., Татур А.О., Чельшкова М.Б., Шмелев А.Г. Федеральная система тестирования. Про-

ект концепции. Газета. Первое сентября N 11-2000

5. Геворкян Е.Н. Временные требования, предъявляемые к образовательным учреждениям среднего, высшего и дополнительного профессионального образования при проведении лицензионной экспертизы и проверки их готовности к реализации образовательных программ.

6. Положение «О государственной аккредитации высшего учебного заведения» (в редакции Постановления Правительства РФ от 01.02.2005 N49)

THE DECISION ANALYSIS FOR A STUDYING JOB DISTRIBUTION

Varlamova S.A., Beloborodova Ye.V., Zatonsky A.V.
Berezniki branch of Perm state technical university

The method of efficiency valuating a studying job distribution between teachers of the chair is described and has been realized.