

## **ИМИТАЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Разрешить какую-либо педагогическую задачу можно двумя способами:

1. В ходе реального педагогического эксперимента.

2. С помощью формальной (чаще всего математической) модели реального педагогического процесса.

Очень часто в поиске лучших путей прибегают к помощи педагогического эксперимента, но гарантии положительного исхода эксперимента никто дать не может. Поэтому встаёт задача провести эксперимент на искусственных моделях, которые максимально приближены к реальности. Речь идёт о методах математического моделирования [1], которые в настоящее время находят всё большее применение в педагогических исследованиях. Методы математического моделирования становятся всё более и более предпочтительными по сравнению с «живым» экспериментом.

Покажем, как применяется математическое моделирование (без проведения реального эксперимента) к выбору оптимального способа организации процесса обучения. В качестве объекта исследования рассмо-

трим концентрированное обучение [2, 3].

В педагогической теории и практике известны различные варианты концентрированного обучения, которые в зависимости от числа одновременно изучаемых дисциплин объединяются в три группы и рассматриваются соответственно три модели концентрированного обучения. Обратимся к двум подтипам первой модели: концентрическому погружению и линейному погружению [4, 6].

Первая модель предполагает, что в течение определённого времени изучается один предмет. Длительность процесса обучения соответствующей дисциплине зависит от особенностей содержания и логики усвоения его учащимися, времени, отводимого на изучение дисциплины, и некоторых других факторов.

Концентрическое погружение регламентирует неоднократное (до четырёх раз) в течение года изучение годового объёма материала соответствующей дисциплины, но каждый раз на новом уровне с более глубоким проникновением в сущность изучаемого предмета. При этом к одному и тому же

материалу в рамках одного учебного дня обращаются неоднократно, содержание прорабатывается в разных формах деятельности. Каждое «погружение» продолжается в течение одной четверти годового объёма времени, отведённого учебными планами на изучение этой дисциплины. Концентрическое погружение предпочтительно использовать для изучения дисциплин с чётко выраженными причинно-следственными связями: физики, химии и т.п. Обозначим этот способ организации процесса обучения «а».

Основная идея линейного погружения в отличие от концентрического заключается в однократном в течение года (или всего курса обучения) изучении материала с сохранением принципа концентрации, т.е. объединение уроков в блоки, сокращения числа параллельно изучаемых дисциплин в течение учебного дня, недели и более длительного промежутка времени. Так же как и при концентрическом погружении, к одному и тому же материалу в рамках учебного дня обращаются неоднократно. Линейное погружение можно использовать при изучении любой учебной дисциплины. Обозначим этот способ организации процесса обучения «б».

При обучении по второй модели содержание укрупняется только внутри одной организационной единицы – учебного дня, количество изучаемых предметов в котором сокращается до двух, длительность урока возрастает до четырёх академических часов. Обозначим этот способ «с».

По третьей модели процесс обучения предполагает концентрированное параллельное изучение трёх-четырёх дисциплин, образующих модуль, продолжительность которого (4–5 недель) определяется спецификой объединённых в него предметов. Обозначим этот способ «d».

Разумеется, возможно организовать процесс обучения и традиционным способом, т.е. равномерно распределить учебные занятия по всему курсу обучения. Обозначим этот способ «е».

Перечислены далеко не все формы реализации концентрированного обучения, поскольку возможны и комбинации моделей, но уже видно, что выбор модели — достаточно сложное и ответственное занятие.

Можно предложить следующую процедуру при выборе способа организации обучения, основанную на применении аппарата нечётких множеств [1, 5] с использованием различных экспертных оценок. Ответы специалистов часто формируются в виде нечётких высказываний, с различной степенью уверенности в истинности приведённого утверждения. Теория нечётких множеств предлагает подход, который опирается на предпосылку о том, что элементами исследования являются не числа, а некоторые нечёткие множества, для которых переход от «принадлежности к классу» к «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен. В основе такого подхода лежит логика с нечёткой истинностью,

нечёткими связями и нечёткими правилами вывода.

Введём некоторые критерии (признаки) для оценки различных моделей (например, усталость учащихся, усталость педагога, успеваемость, степень запоминания, степень понимания, загруженность домашней работой, возможности для развития речи, материальное оснащение, загруженность предварительной работой педагога и т.д. — сколь угодно много). Каждому признаку присвоим порядковый номер. Необходимо сравнить по перечисленным признакам способы организации процесса обучения (представляющие собой как модели в чистом виде, так и их комбинации) и определить лучший.

Исходные данные представляют собой две таблицы. В них номер строки обозначает номер некоторого фиксированного способа организации процесса обучения. Номер столбца первой таблицы обозначает номер соответствующей модели обучения, а номер столбца второй таблицы — номер признака. Отметим, что строки таблиц должны строго соответствовать друг другу, т.е. способ организации процесса обучения, описанный определённой строкой в первой таблице, должен характеризоваться признаками, описанными в строке с тем же номером второй таблицы.

Элементами первой таблицы являются степени принадлежности той или иной модели обучения соответствующему способу организации процесса обучения. Причём степень при-

надлежасти может принимать значения (как и всегда в теории нечётких множеств [5]) от «0» (полная непринадлежность) до «1» (полная принадлежность).

Аналогичным образом заполняется вторая таблица. Элементами этой таблицы являются степени принадлежности (от «0» до «1») соответствующего признака выбранному (заданному) способу организации процесса обучения, т.е. «0» соответствует наименьшему значению соответствующего признака (или его полному отсутствию, если это возможно), а «1» — наибольшему значению. Выбор величины, характеризующей степень принадлежности признака способу организации, — процесс субъективный, неточный (нечёткий). Важно не столько абсолютное значение соответствующей величины, сколько относительное.

Количество способов организации процесса обучения здесь не ограничивается. Кроме того, одному и тому же способу организации процесса обучения могут соответствовать разные значения элементов второй таблицы. Это связано с тем, что мнения экспертов могут быть различными.

В процессе сравнения способов организации процесса обучения по комплексу признаков выстраивается так называемая матрица отношений [5], позволяющая любой способ организации процесса обучения оценить с точки зрения степени принадлежности ему комплекса соответствующих признаков. А это, в свою очередь, позволит выбрать наилучший способ ор-

ганизации процесса обучения (решением соответствующей оптимизационной задачи) без проведения реального педагогического эксперимента.

При построении таблиц необходимо решить проблему соответствия реальных способов организации процесса обучения математическому формализму. Способы решения этой проблемы зависят от исследователя. Предлагается следующее: для моделей  $a, b, c, d, e$  «1» будет обозначать проведение 8 часов занятий в день только по соответствующей модели; 0,75 — 6 часов в день и т.д.

Приведём примеры заполнения экспертами таблиц.

Способ организации процесса обучения № 1 представляет собой ежедневные 8-часовые занятия по системе концентрического погружения.

Способ № 2 — ежедневные 6-часовые занятия по системе линейного погружения.

Способ № 3 предполагает ежедневно 8-часовую работу организовать по второй модели концентрированного обучения с двумя 4-часовыми занятиями, при этом 4 часа одной дисциплины ставятся ежедневно (линейное погружение), а другие 4 часа — любые и различные в разные дни.

Таблицы для каждого определённого способа описывают отношения между двумя неопределёнными переменными (лингвистическими переменными [5]) — «модели» и «признаки». Необходимо определить связь между этими переменными. Иными словами, имеется отношение типа  $R : U \Rightarrow V$ , которое определяется нечёткими высказываниями. Проблема в том, чтобы для любого нечёткого подмножества  $x \in U$  (модели, соответствующей конкретному способу) определить нечёткое подмножество  $y \in V$  (признаки соответствующего процесса). В

Таблица 1

№ способа организации процесса обучения	Модели				
	a	b	c	d	e
1	1	0	0	0	0
2	0	0,75	0	0	0
3	0	0,5	1	0	0
4	0	0,25	0	1	0
5	0,5	0	0	0	1

Таблица 2

№ способа организации процесса обучения	Признаки					
	1	2	3	4	5	i-й
1	0,2	0,4	1	0,8	0,1	0,5
2	0,4	0,8	0,3	0,8	0,3	0,8
3	0	1	1	0,4	0,5	0,6

нашем случае  $R$  – это отношение между моделями и признаками,  $U$  – это множество комбинаций моделей,  $V$  – это множество комбинаций признаков.

Для решения подобного типа задач формулируется составное правило вывода [5], основанное на применении аппарата теории нечётких множеств. Это правило имеет следующий вид.

Если  $R$  – неопределённое отношение  $U \Rightarrow V$  и  $x$  – неопределённое подмножество  $U$ , тогда неопределённое подмножество  $y \in V$  даётся композицией  $x$  и  $R$ .

Таким образом, для любого способа организации процесса обучения, заданного комбинацией моделей, *всегда* можно получить соответствующую комбинацию признаков.

Вопрос: как сравнить полученные нечёткие числа? Ответ: с помощью индексов ранжирования [1, 5]. Чтобы сравнить два нечётких числа (при различных соотношениях их носителей), вводится чёткая функция двух нечётких аргументов, которая и называется индексом ранжирования. Значение индекса ранжирования для конкретной пары чисел даёт основание решать

вопрос о соотношении между ними. Разработан собственный индекс ранжирования, наиболее подходящий для условия исследуемой задачи [5]. Рассмотрим его: допустим, надо сравнить два нечётких числа  $A$  и  $B$ , вычисляем разницу  $c_i = a_i - b_i$ . Необходимо учитывать, что некоторые признаки «положительные», а другие «отрицательные», т.е. по некоторым параметрам хотелось бы иметь наибольшее значение, а по некоторым минимальное. Поэтому когда значение  $i$  принимает номер «отрицательного» признака, то  $c_i$  меняет знак. После получения чисел  $c$  смотрим, какие знаки преобладают. Если больше знаков «плюс», то делаем вывод, что  $A > B$ , если больше знаков «минус», то  $B > A$ , если количество и тех и других знаков совпадает, то два числа равны.

Сравнив попарно все нечёткие числа (количество которых совпадает с количеством способов), можно посчитать, у какого числа наибольшее количество знаков «больше». Если такое число одно, то этот способ признаётся наилучшим. Если таких чисел два, то, чтобы выявить лучшее, надо сравнить их между собой.

Таблицы заполняют педагоги, выступающие в качестве экспертов. Они делают это исходя из своего личного практического опыта или своих теоретических предположений, т.е. высказывают свои субъективные оценки о степени соответствия того или иного признака тому или иному способу организации процесса обучения. На основании обработки этих таблиц строится матрица отношений, которая позволяет исследователю сравнить любые заданные им способы организации процесса обучения и выбрать из них наилучший по максимально возможному количеству параметров.

Разработанный алгоритм можно запрограммировать с помощью любого алгоритмического языка.

Рассмотренные методы теории нечётких множеств можно эффективно использовать для формулирования и приближённого решения практических задач в такой мало формализуемой области, как педагогика. В большей степени это относится к проблемам, для которых можно найти нечёткие алгоритмы, позволяющие описать плохо определённые понятия, отношения и правила принятия решений.

## Литература

1. Введение в математическое моделирование: Учебное пособие / Под ред. П.В. Трусова. М.: Интернет Инжиниринг, 2000.
2. Гитман Е.К., Гитман М.Б. Проектирование содержания курса учебной дисциплины в условиях реализации метода погружения: Учебное пособие. Пермь: Изд-во ПО ИПК РО, 1998.
3. Гитман Е.К., Гитман М.Б. Метод погружения как способ качественной подготовки рабочих кадров // Наука производству, 2000, № 5 (30).
4. Гитман Е.К. Метод погружения в профессиональном образовании. Пермь, 2000.
5. Гитман М.Б. Введение в теорию нечётких множеств и интервальную математику. Ч. 1. Применение лингвистической переменной в процессе принятия решений: Учебное пособие. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 1998.
6. Ибрагимов Г.И. Формы организации обучения в педагогике и школе. Самара, 1994.