В. Н. Малозёмов

РАННЯЯ ИСТОРИЯ ПРОГРАММИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ

Когда говорят о программированном обучении, имеют в виду обучение с помощью машин или, точнее, использование машин при обучении.

Долгое время машины применялись (и сейчас применяются) только для контроля. Первым, кто серьезно занялся этим вопросом, был С. Пресси. Его работы относятся к 1926–1932 годам.

Машина Пресси последовательно выдавала карточки с вопросами. На каждый вопрос предлагалось несколько ответов, лишь один из которых был верным. Учащийся нажатием кнопки выбирал ответ, который он считал верным (система выборочных ответов). При таких условиях кажется естественным считать результатом контроля количество правильных ответов. Однако все не так просто.

С педагогической точки зрения контроль является элементом обучения. Если учащийся выбрал неправильный ответ и машина только констатирует этот факт, то обучающий эффект практически отсутствует. Более того, нельзя исключать, что неправильный ответ может закрепиться. Поэтому работа с карточкой должна продолжаться до тех пор, пока учащийся не укажет правильный ответ. Именно эта идея и была реализована в машине Пресси. Результатом контроля считалось количество попыток (нажатий кнопок) при прохождении всей последовательности карточек.

В 1954 г. Б. Скиннер подверг резкой критике существующую систему обучения. Не вдаваясь в детали критики, отметим одно остроумное наблюдение Скиннера.

Как относится большинство взрослых людей к математике, которой их учили в школе? *“У них даже беглый взгляд на столбцы цифр, не говоря уже об алгебраических символах или интегралах, вызывает чувство беспокойства, вины, страха, но никак не математическое поведение”*.

Как психолог Скиннер понимал, что правильное поведение вырабатывается путем “подкрепления” успешных шагов, причем по возможности немедленно. Решив задачу, ученик должен получить немедленное подкрепление со стороны учителя — “Ответ правильный. Молодец!” Что делает ученик, решив домашнюю задачу? Заглядывает в ответ в конце учебника — он нуждается в подкреплении. К сожалению, учитель не может обеспечить немедленное подкрепление для всех учеников в классе. Но это может сделать машина. Такая идея и легла в основу программированного обучения.

Приведем основные принципы программированного обучения.

1) Сначала определяется учебный материал, которому собираются обучать. Затем он анализируется и разбивается на составные элементы.

2) После этого материал предъявляется учащемуся шаг за шагом в тщательно продуманной последовательности.

3) На каждом шаге учащемуся дается ровно столько информации, сколько нужно, чтобы обеспечить его активную реакцию (например, в виде ответа на очередной вопрос), прежде чем он пойдет дальше.

4) Учащийся получает немедленное подтверждение правильности своего ответа, работает в своем собственном темпе и сам может контролировать успешность своего продвижения.

Различают три вида обучающих программ: *линейные*, *разветвленные* и *адаптивные*. *Линейная* программа — самая жесткая. Каждый учащийся проходит ее полностью, кадр за кадром. Прекрасный пример линейной программы обучения составлению линейных программ имеется в книге Ричмонда [1].

В *разветвленной* программе траектория обучения разных учащихся может быть различной в зависимости от того, какой из предложенных ответов на очередной вопрос они выбирают. В 70-х годах в нашей стране издавались учебные книги "с перепутанными страницами", которые нужно было читать не подряд, а следуя указаниям в зависимости от характера выбранного ответа. В упомянутой книге Ричмонда [1] также имеется образец разветвленной программы.

В *адаптивной* программе один и тот же учебный материал изложен на нескольких уровнях. С помощью входного теста машина определяет начальный уровень учащегося (или неготовность его обучаться по данной программе). В дальнейшем машина следит за успешностью обучения и в критических ситуациях может переводить учащегося на более высокий или более низкий уровень.

К обучающим программам предъявляется одно очень серьезное требование. Составители программы *должны гарантировать* учащемуся, прошедшему входной тест, успешное преодоление выходного теста после обучения по данной программе. В противном случае претензии предъявляются не учащемуся, а составителям.

В сборнике [2] опубликованы некоторые основополагающие работы по программированному обучению.

В нашей стране программированным обучением активно начали заниматься в середине 60-х годов, причем с широких теоретических позиций [3, 4]. Программированное обучение связывалось с идеями кибернетики [5], строилась информационно-семантическая модель обучения [6].

С современной точки зрения педагогика включается в исследование операций. Напомним, что операцией называется совокупность средств и действий, направленных на достижение некоторой цели. Легко представить себе, что такое военная операция, хирургическая операция, финансовая операция и пр. В этом ряду стоит и понятие педагогической операции.

На множестве операций обычно можно ввести частичное упорядочение. Можно оценить, что некоторая операция с точки зрения поставленной цели предпочтительнее другой операции. Исследование операций заключается в том, чтобы выявить наиболее эффективные операции. Таким образом, в основе исследования операций лежит понятие *цели*. Нет цели — нельзя говорить об эффективности.

В чем смысл педагогической деятельности? Другими словами, чем занимается учитель? Он *управляет* процессом обучения. Это очень важно понять. *Учащиеся учатся, а педагог управляет процессом обучения* [7].

В распоряжении педагога имеется прямая и обратная связь. Роль обратной связи (контроля) в процессе корректировки управления понятна. Менее очевидная мысль состоит в том, что и в процессе прямой связи осуществляется управление обучением. Именно этим педагогическая система отличается от кибернетической. Когда педагог готовится к занятию, он предвидит, какие трудности при обучении могут встретиться у данной аудитории. Он продумывает, как он поможет преодолеть эти трудности. *Педагогические приемы суть элементы управления.* Таким образом, квалификация преподавателя определяется не только уровнем его знаний, но и его умением управлять процессом обучения.

С этой точки зрения разговоры о том, что со временем машина сможет заменить учителя, беспочвенны. Машина выполняет только технические, запрограммированные функции. Она должна освободить учителя для занятий с теми учениками, которые действительно нуждаются в его помощи. Вводную или заключительную лекции нельзя доверить машине. Следует учитывать и эмоциональное, психологическое воздействие преподавателя на аудиторию [8]. На самом деле, проблема заключается в том, чтобы найти наиболее эффективные области применения различных технологий обучения.

Что касается программированного обучения, то основные усилия специалистов в нашей стране были направлены на разработку тестов (контролирующих программ). Структурной единицей теста является тестовая задача (задание). Мы будем рассматривать тестовые задачи с выборочными ответами (используется также система с конструируемыми ответами). Приведем характерный пример.

Задача.

Решением уравнения $\cos x = \sqrt{2}$ является...

1. $x = \dfrac{\sqrt{2}}{\cos}$ **2.** $x = 45^\circ$ **3.** $x = \arccos\sqrt{2}$

4. Данное уравнение не имеет решения.

Правильный ответ имеет номер 4, поскольку значения $\cos x$ не превосходят по модулю единицы. Однако в неправильных ответах тоже "что-то есть". Ответ с номером 3 может выбрать ученик, лишь формально освоивший тему обратных тригонометрических функций. Ответ 2 опирается на связь между функцией cos, углом 45° и числом $\sqrt{2}$. Ответ 1, конечно, является поддавком. Он увеличивает вероятность угадывания правильного ответа. Но, с другой стороны, этот ответ по-своему остроумен, он обеспечивает эмоциональную подпитку. В определенном смысле, неверные ответы создают "возмущение" верного, и нужно твердо стоять на ногах, чтобы осознанно выбрать верный ответ.

Проблема правдоподобных неверных ответов служит серьезным препятствием при составлении тестовых задач. Помочь здесь может простой прием, когда в одну тестовую задачу включаются несколько однородных вопросов. Приведем пример.

Задача.

Даны три утверждения:

A: $\sin\dfrac{1}{2} = 30^\circ$. B: $\cos\dfrac{3}{2}$ не имеет смысла. C: $\operatorname{ctg} x = \dfrac{\pi}{2} - \operatorname{tg} x$.

Из них верными являются...

1. Все три. **2.** Все три неверны. **3.** Только A и C. **4.** Только B.

Еще один пример.

Задача.
Даны три числа: $A = \sin 13°$, $B = \cos 77°$, $C = \sin 167°$.
Из них равны...

1. Только A и B. **2.** Только A и C. **3.** Все три числа.
4. Среди этих чисел нет равных.

Конечно, равны все три числа, поскольку $13° + 77° = 90°$ и $13° + 167° = 180°$. Психологическую сложность создает то обстоятельство, что приходится сравнивать числа, не зная их точных значений. Но формулы приведения нужно не только знать, но и уметь их применять.

Обратите внимание на слово "только" в ответах. В последней задаче без этого слова будут верными ответы с номерами 1 и 2. Если мы заботимся о том, чтобы верным был только один ответ, то следует проявлять осторожность.

Тест состоит из определенного числа тестовых задач. Это может быть небольшой тест в качестве допуска к очередному занятию или более серьезная проверка, рассчитанная, скажем, на академический час.

Учащиеся обычно хорошо относятся к тестированию. В нем есть элемент игры. Некоторым кажется, что может повезти, и они без особого труда покажут хороший результат. Насколько обоснованы такие надежды?

Рассмотрим, например, канонический тест из 12 задач, имеющий по 4 ответа на каждую задачу. Предъявление очередной задачи будем считать испытанием. Всего испытаний — 12. Вероятность угадывания правильного ответа равна 1/4. Испытания независимы. Таким образом, получаем классическую схему Бернулли с $n = 12$ и $p = 1/4$.

Среднее количество правильных ответов равно np. В данном случае $np = 3$, так что 3 правильных ответа можно, вообще говоря, угадать, даже не читая формулировок. Среднеквадратичное отклонение вычисляется по формуле $\sqrt{np(1-p)}$. Оно равно 3/2. С учетом этого представляется естественной приводимая ниже таблица оценок в зависимости от количества набранных баллов (правильных ответов).

Количество баллов	*Оценка*
0 – 3	очень плохо
4 – 6	плохо
7 – 8	удовлетворительно
9 – 10	хорошо
11 – 12	отлично

Из таблицы видно, сколь невелики шансы заработать даже "удовлетворительно" путем случайного нажатия кнопок.

Однако вероятностные оценки являются оценками "в среднем", и нельзя исключить случайного угадывания значительного количества правильных ответов. Значит, к высоким оценкам следует относиться с осторожностью. А что можно сказать о низких оценках? Низкие оценки не имеют никаких других объяснений, кроме слабых знаний. По этой причине тесты весьма эффективны при *отсеивании* слабой группы. Например, при конкурсе 1.2 человека на место можно не проводить серьезных испытаний. Тест позволит легко отсеять недостаточно подготовленных кандидатов. Привлекает и объективность тестового отбора, которая связана с широким кругом предлагаемых вопросов и автоматизированным подведением итогов.

С помощью лестницы тестов (последовательности тестов повышающейся трудности) можно получить более детальный анализ знаний.

Идеология программированного обучения побуждает заняться оцениванием *качества теста* после его проведения. Если, например, некоторую задачу не решил никто или решили почти все, то такую задачу следует убрать из теста. Она не дифференцирует учащихся по уровню знаний. Можно ввести численную характеристику дифференцирующей способности тестового задания. Однако на этом и более тонких вопросах теории тестирования я останавливаться не буду, отсылая читателя к уже цитированной литературе и к каталогу Библиотеки Академии Наук (раздел “программированное обучение”).

Автор этой статьи в 1975–1981 годах читал лекции по программированному обучению на ФПК при Ленинградском университете. В то время теория значительно опережала практику. Было ясно, что программированные материалы (линейные, разветвленные, адаптивные и контролирующие программы) могут быть эффективны только при использовании ЭВМ. Однако низкий уровень ЭВМ не позволял тогда широко развернуть практическую работу.

В настоящее время возможности персональных компьютеров практически не ограничены. Это открывает путь к активной деятельности по внедрению программированных материалов в учебный процесс. Однако не следует забывать и о теории.

Технология подготовки программированных материалов очень сложна. В такой работе обычно участвует литературный редактор, психолог, педагог, специалист в конкретной области знаний. Прежде чем принять окончательный вид, программированный материал несколько раз обкатывается на небольших группах учащихся.

Согласиться на такой объем работы можно лишь в том случае, когда есть уверенность в важности и привлекательности поставленной цели для широкого круга учащихся. Замечу также, что в программированных материалах должны быть в концентрированном виде представлены достижения и опыт лучших педагогов.

Остановлюсь на одной конкретной проблеме, которая мне представляется актуальной. Речь пойдет о *выравнивающих тестах.* Студенты первого курса, приступающие к занятиям, имеют разный уровень подготовки, несмотря на то, что все они выдержали конкурсные испытания. Если в их знаниях имеются пробелы, то у них возникнут серьезные трудности при обучении.

На самом деле, легко выделить круг вопросов, которые будут активно использоваться в данном курсе и которые нужно хорошо знать. Поднять знания до необходимого уровня в индивидуальном порядке сможет каждый студент, если в его распоряжении будет выравнивающий тест с выборочными ответами.

Такой тест должен содержать избыточное количество задач по всем затрагиваемым темам. Задачи вызываются случайным образом по запросу студента. При выборе неверного ответа дается комментарий. Очередная задача не предъявляется, пока не будет указан верный ответ. При этом правильное решение обязательно приводится, чтобы студент мог сравнить свое решение с авторским.

Один балл зарабатывается в том случае, если верный ответ указан с первой попытки. По каждой теме нужно набрать определенное количество баллов. Время не фиксируется.

Выравнивающий тест можно проводить при переходе к каждой новой теме.

В заключение приведу тест из 12 задач с выборочными ответами по элементарной математике. Цель данной подборки — продемонстрировать образцы тестовых задач.

ТЕСТ

Задача 1.

Числа Фибоначчи F_n определяются последовательно:

$F_1 = 1,\ F_2 = 1,\ F_n = F_{n-1} + F_{n-2},\ n = 3, 4, \ldots$

Укажите наименьшее n, при котором $F_n > 50$.

1. $n = 11$ **2.** $n = 10$ **3.** $n = 9$ **4.** $n = 8$

Задача 2.

Дан треугольник T_1. Его средние линии образуют треугольник T_2. Средние линии треугольника T_2 образуют треугольник T_3, и т. д. Чему равно отношение площади треугольника T_1 к площади треугольника T_5?

1. 16 **2.** 20 **3.** 32 **4.** 256

Задача 3.

Пусть $f(x) = 2x + 1,\ g(x) = 3x - 1$. Запишите выражение для $f(g(x))$.

1. $6x - 1$ **2.** $5x$ **3.** $-x + 2$ **4.** $6x^2 + x - 1$

Задача 4.

Укажите все b, при которых уравнение $x^2 + 2bx + 1 = 0$ имеет два различных положительных корня.

1. При $-1 < b < 0$ **2.** При $b < -1$ **3.** При $b > 0$ **4.** Только при $b = 1$

Задача 5.

Найдите точку минимума (x_*) и минимальное значение (y_*) функции $y = x - \sqrt{x}$ при $x \geq 0$.

1. $x_* = 0,\ y_* = 0$ **2.** $x_* = 0,\ y_* = -1$ **3.** $x_* = \dfrac{1}{4},\ y_* = -\dfrac{1}{4}$ **4.** $x_* = \dfrac{1}{2},\ y_* = -2$

Задача 6.

Укажите наименьшее (m) и наибольшее (M) значения функции $z = 2x + y$ при условии, что $x + y = 1,\ x \geq 0,\ y \geq 0$.

1. $m = 1,\ M = 2$ **2.** $m = 2,\ M = 3$ **3.** $m = 3/2,\ M = 2$ **4.** $m = 1,\ M = 3$

Задача 7.
Найдите наибольшее значение (M) функции $y = |x+1| - 2|x|$.

1. $M = -2$ **2.** $M = 0$ **3.** $M = 1$ **4.** $M = 2$

Задача 8.
Между какими последовательными натуральными числами находится число $\log_2 24$?

1. Между 3 и 4 **2.** Между 4 и 5 **3.** Между 5 и 6 **4.** Между 6 и 7

Задача 9.
Известно, что $\lg 5 = a$. Чему равен $\lg 2$?

1. Это можно определить только с помощью микрокалькулятора **2.** $2a/5$ **3.** $a - 1$ **4.** $1 - a$

Задача 10.
Сколько решений (n) имеет уравнение $\operatorname{tg} x = x$ на интервале $(-\pi, \pi)$?

1. $n = 3$ **2.** $n = 2$ **3.** $n = 1$ **4.** $n = 0$

Задача 11.
Даны три числа $A = \cos 5$, $B = \cos 6$, $C = \cos 7$ (углы указаны в радианах). Предлагается упорядочить эти числа по возрастанию.

1. $A < B < C$ **2.** $C < B < A$ **3.** $B < C < A$ **4.** $A < C < B$

Задача 12.
Чему равен $\arcsin(\sin 2)$? Угол указан в радианах.

1. 2 **2.** $2 - \pi$ **3.** $\pi - 2$ **4.** $\frac{\pi}{2} - 2$

Приношу благодарность С. Г. Иванову за помощь при подготовке данной статьи.

Литература

1. Ричмонд У. К. Учителя и машины. Пер. с англ. М.: Мир, 1968. 277 с.
2. Программированное обучение за рубежом. Сб. переводов под ред. И. И. Тихонова. М.: Высшая школа, 1968. 275 с.
3. Талызина Н. Ф. Теоретические проблемы программированного обучения. М.: Изд-во МГУ, 1969. 133 с.
4. Беспалько В. П. Программированное обучение. Дидактические основы. М.: Высшая школа, 1970. 300 с.
5. Никандров Н. Д. Программированное обучение и идеи кибернетики. М.: Наука, 1970. 206 с.
6. Турбович Л. Т. Информационно-семантическая модель обучения. Л.: Изд-во ЛГУ, 1970. 177 с.
7. Талызина Н. Ф. Управление процессом усвоения знаний. Психологические основы. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1984. 344с.
8. Грановская Р. М. Элементы практической психологии. 3-е изд. СПб.: Изд-во “Свет”, 1997. 605 с.