DOI: 10.17117/na.2015.07.399

Поступило в редакцию: 21.07.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.07.399.pdf>**Майер Р.В.****Зависимость степени понимания от быстроты
поступления учебной информации: результаты
имитационного моделирования****Mayer R.V.****Dependence of the degree of understanding on the speed of arrival
learning Information: simulation results**

Проанализирована трехкомпонентная математическая модель обучения, в которой учитывается, что при увеличении разности между требованиями учителя и количеством знаний ученика усилия, прилагаемые учеником, сначала увеличиваются, достигают максимума, а затем уменьшаются. С помощью компьютерной модели показано, что при изучении логически связанных вопросов повышение скорости поступления информации сначала приводит к увеличению, а затем к резкому уменьшению усвоенных учеником знаний

Ключевые слова: дидактика, компьютерное моделирование, математическая модель, педагогика, теория обучения, ученик, учитель

Майер Роберт Валерьевич

Доктор педагогических наук, профессор
Глазовский государственный педагогический
институт им. В.Г. Короленко
г. Глазов, ул. Первомайская, 25

In article is analyzed the three-component mathematical model of learning in which takes into account that at increase the difference between requirements of the teacher and amount of knowledge of the pupil the efforts made by the pupil at first increases, reaches a maximum, and then decreases. By means of computer model it is shown that when studying logically connected questions the growth of the speed the flow of information at first leads to increase, and then to sharp reduction of the knowledge acquired by the pupil

Key words: didactics, computer modeling, mathematical model, pedagogics, theory of training, pupil, teacher

Mayer Robert Valerievich

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
Glazov State Pedagogical Institute named V.G.
Korolenko
Glazov, Pervomayskya st., 25

Рассмотрим информационно-кибернетическую модель дидактической системы, состоящую из источника информации (учителя), приемника информации (ученика), которые соединены прямым каналом связи (от учителя к ученику) и обратным каналом связи (от ученика к учителю) [1, с. 8–17]. Пусть изучаемая тема состоит из N логически связанных между собой элементов учебного материала (ЭУМ), которые следуют друг за другом. Если учитель требует запоминания всего материала, то уровень требований Tr равен количеству сообщенных им знаний Z_0 . Сложность S самого простого ЭУМ будем считать равной 1, тогда для более сложных ЭУМ S больше 1. Уровень требований, предъявляемых учителем, будем рассчитывать по формуле: $Tr = S_1 + S_2 + \dots +$

S_N . Если все N ЭУМ имеют сложность 1, то $Tr = N$. Скорость передачи информации равна количеству знаний, сообщаемых учителем в единицу времени ($V = dZ_0 / dt = dTr / dt$), и зависит от уровня требований Tr , то есть от числа N ЭУМ и их сложности $S_i, i = 1, 2, \dots, N$.

Результат обучения зависит от степени понимания изучаемого материала. Человек понимает сообщаемую ему информацию, если он в состоянии соотнести ее с собственной категориальной системой понятий [5, с. 97–100]. В его сознании происходит перекодирование поступающей речевой или текстовой информации, ее “укладывание” в собственную понятийную систему с последующим запоминанием. Чем сложнее утверждение учителя или записанная им формула (то есть скорость V), тем больше мыслительных действий должен совершить ученик, чтобы ее понять. Если учитель излагает сложный материал, перескакивая через элементарные рассуждения, представляющие трудность для ученика, то ученик не сможет или не успеет связать сообщаемую ему новую информацию с собственной системой понятий, не поймет до конца всех проводимых рассуждений. Построим компьютерную модель обучения [1–4].

Если пренебречь забыванием, то скорость увеличения знаний ученика пропорциональна усилиям F , затрачиваемым в единицу времени: $dZ_n / dt = \alpha F$. Мотивация к обучению и затрачиваемые учеником усилия F : 1) при небольших $D = Tr - Z_n$ (Tr незначительно превышает Z_n) пропорциональна величине D ; 2) при больших D уменьшается до 0. Можно записать: $F(D) = 0,0127D / (1 + \exp((D - 150) / 50))$. Из графика $F(D)$ (рис. 1.1) видно, что существует оптимальная разность $D = Tr - Z_n$, при которой скорость увеличения знаний максимальна. Величина $C = 1 / (1 + \exp(r(D - \theta)))$ характеризует пропускную способность канала связи между учителем и учеником, которая позволяет учесть, что при больших D ученик уменьшает прилагаемые усилия, так как понимает, что неспособен быстро понять и усвоить сообщаемый материал.

Рис. 1. Зависимость $F(D)$, изменение $Z(t)$, $U(t)$ и $N(t)$ при обучении.

Во время обучения непрочные знания переходят в прочные (формируются умения и навыки) которые забываются медленнее. Рассмотрим трехкомпонентную модель “знания–умения–навыки” [1, 2]:

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{k\alpha_Z D}{1 + \exp(r(D - \theta))} - k\alpha_U Z - \gamma_Z Z, \quad dU / dt = k\alpha_U Z - k\alpha_N U - \gamma_U U,$$

$$dN/dt = k\alpha_N N - \gamma_N N, Z_n = Z + U + N, D = Tr - Z_n, r = 0,02, \theta = 150.$$

Здесь Z , U и N — количества непрочных знаний, умений и навыков (то есть прочных знаний) ученика. Они отличаются прочностью усвоения и имеют коэффициенты забывания $\gamma_Z = 2 \cdot 10^{-3}$, $\gamma_U = 2 \cdot 10^{-4}$, $\gamma_N = 2 \cdot 10^{-5}$. Коэффициенты усвоения $\alpha_Z = 0,17$, $\alpha_U = 5 \cdot 10^{-3}$, $\alpha_N = 1,7 \cdot 10^{-3}$ характеризуют быстроту усвоения знаний учеником и перехода непрочных знаний в прочные. Пока происходит обучение $k = 1$, а когда оно прекращается $k = 0$. Результат обучения характеризуется суммарным уровнем приобретенных знаний $Z_n = Z + U + N$.

На основе записанных выше уравнений была создана компьютерная модель обучения. Пусть в промежутке от 0 до 400 УЕВ (усл. ед. времени) ученик должен понять и запомнить последовательность взаимосвязанных рассуждений (например, вывод формулы, решение сложной задачи). В момент $t' = 400$ УЕВ, соответствующий окончанию обучения, осуществляется контроль его знаний Z_n . Во время обучения скорость поступления информации от учителя V остается постоянной, причем в каждый момент учитель требует знания всего предыдущего материала. При этом уровень требований учителя растет по закону: $Tr = Vt$. Определим количество усвоенных учеником знаний $Z_n(t')$ и коэффициент эффективности обучения $K = Z_n(t')/Tr$ при различных V .

Результаты моделирования обучения при слишком большой скорости передачи информации ($V = 12 \text{ УЕВ}^{-1}$) представлены на рис. 1.2. Видно, что сначала ($t < 200 \text{ УЕВ}$) ученик успевает следить за рассуждениями учителя и усваивает практически все элементы учебного материала. Затем ученик “отрывается” от учителя, перестает понимать и усваивать его рассуждения. Разрыв D между уровнем требований $Tr(t)$ и знаниями ученика $Z_n(t)$ возрастает, мотивация к обучению и прилагаемые учеником усилия F уменьшаются. Поэтому количество усвоенных знаний Z_n и коэффициент эффективности обучения K в конце обучения оказываются существенно ниже. После обучения из-за забывания Z , U и N уменьшаются. При меньшей скорости V ученик понимает почти весь изучаемый материал. Аналогичные графики $Z_n(t)$, $U(t) + N(t)$ и $N(t)$, соответствующие ступенчатому увеличению Tr , представлены на рис 2.1.

Проведем серию вычислительных экспериментов, изменяя V от 1 до 20 УЕВ^{-1} при длительности обучения 400 УЕВ. Построим графики зависимостей знаний учащегося Z_n и эффективности обучения K от скорости передачи информации V (рис. 2.2). Из них видно, следующее: 1) при $V < 11 \text{ УЕВ}^{-1}$ количество усвоенных знаний Z_n увеличивается прямо пропорционально V , эффективность обучения K высокая и остается постоянной; 2) при $V > 11 \text{ УЕВ}^{-1}$ количество усвоенных знаний Z_n и эффективность обучения резко падают; 3) существует оптимальная скорость подачи информации (около 11 УЕВ^{-1}), при которой количество усвоенных знаний Z_n достигает максимума. Полученные результаты согласуются со второй теоремой Шеннона из которой следует, что если производительность источника превышает пропускную способность ка-

нала связи с шумом, то не существует метода кодирования, позволяющего безошибочно передать информацию. Если изучаемый материал состоит из вопросов, которые могут быть изучены независимо друг от друга, то рассмотренные выше рассуждения следует провести для каждого вопроса отдельно.

Рис. 2. Графики зависимостей $Zn = Zn(V)$ и $K = K(V)$ при $t' = 400$ УЕВ

Рассмотренная трехкомпонентная модель обучения “знания–умения–навыки” в отличие от известных моделей [3, 4] позволяет объяснить скачкообразный характер зависимости степени усвоения логически связанных между собой ЭУМ от скорости изложения материала. При слишком большой скорости поступления новой информации ученик не успевает следить за ходом мысли и “отрывается” от учителя. В результате последующая информация усваивается существенно хуже, ученик не понимает изучаемую тему. График зависимости коэффициента усвоения от скорости подачи информации имеет ярко выраженный спад, соответствующий границе между двумя состояниями, когда ученик усвоил изучаемый материал и когда не смог этого сделать.

Список литературы:

1. Майер Р.В. Кибернетическая педагогика: Имитационное моделирование процесса обучения: монография. Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2014. 141 с.
URL: <http://maier-rv.glazov.net>
2. Майер Р.В. Основная задача математической теории обучения и ее решение методами имитационного моделирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 2. С. 36-39.
3. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: Институт проблем управления РАН, 1998. 77 с.
4. Солодова Е.А., Антонов Ю.П. Математическое моделирование педагогических систем // Математика. Компьютер. Образование. Ч. 1. Ижевск, 2005. с. 113-121.
5. Фридман Л.М., Кулагина И.Ю. Психологический справочник учителя. М.: Просвещение, 1991. 288 с.

© 2015, Майер Р.В.

Зависимость степени понимания от быстроты поступления учебной информации: результаты имитационного моделирования

© 2015, Mayer R.V.

Dependence of the degree of understanding on the speed of arrival learning Information: simulation results