

Динамическое тестирование психолого-педагогических особенностей
процесса научения

Одной из важных и актуальных проблем современного тестирования является проблема создания таких тестовых технологий, которые позволяли бы получать информацию о процессе деятельности ученика при выполнении заданий. Традиционные тесты, как правило, диагностируют не процесс, а состояние (например, состояние обученности и т.п.).

В настоящей работе рассматривается динамическое компьютерное тестирование (ДКТ) [5]. При динамическом тестировании записывается информация о деятельности испытуемого при обучении решению задач. Она позволяет сделать оценку обучаемости, энтропийного фактора, а также построить траектории деятельности ученика и функцию ценности состояний ученика, достигаемых им в процессе научения.

Выделим основные составляющие динамических компьютерных тестов, связанные с организацией взаимодействия ученика и компьютера: 1) *генератор задач*, то есть программный модуль, который генерирует задачи; 2) *систему слежения* – программный модуль, осуществляющий пооперационный контроль и запись действий ученика, а также определяющий расстояние текущего состояния от целевого; 3) *механизм обратной связи*, который принимает решение о том, сообщать или не сообщать ученику информацию о текущем состоянии решения задачи; 4) *интерфейс*, включающий виртуальное пространство, содержащее математические объекты и интерактивную систему управления ими; На рис. 1 приведен внешний вид интерфейса ДКТ по конструированию геометрических фигур из фрагментов. Окно программы состоит из четырех панелей: панель с фрагментами фигур (слева), рабочее поле (справа), панель обратной связи (диаграмма в центре указывает на дистанцию до целевого состояния) и информация о достигнутом уровне (сверху).

Выбирая фрагменты на панели слева, необходимо собрать цельную картину на рабочем поле справа. Если уровень самостоятельности достаточно высок, то панель обратной связи не отображается.

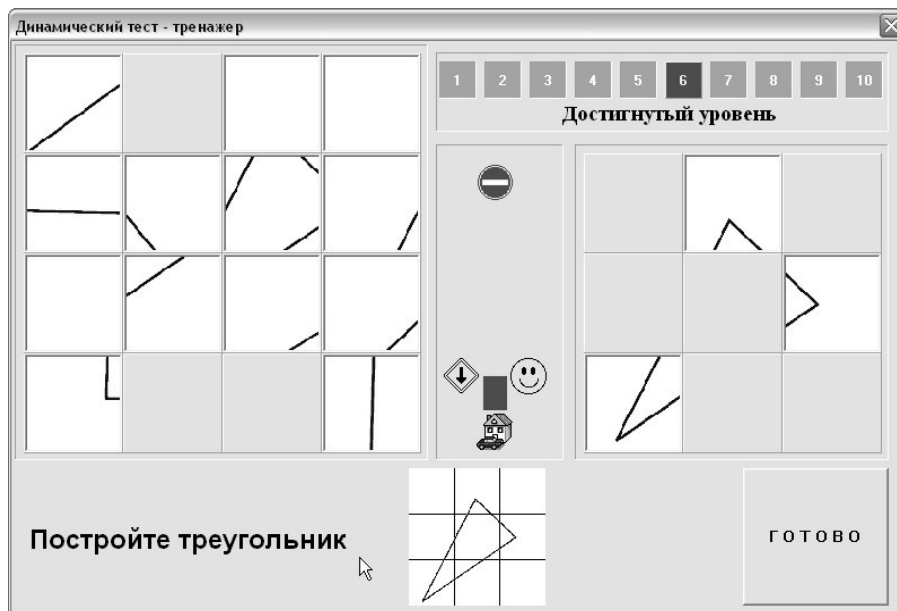


Рис.1. Внешний вид ДКТ

Процесс деятельности ученика по выполнению заданий описывается скачкообразными функциями $f(t)$, представляющими временные ряды событий, каждое из которых является существенной операцией [3,4,7]. На рис. 2 приведен график траектории деятельности $f(t)$ ученика по решению задачи построения геометрической фигуры. График получен в результате обработки экспериментальных данных.

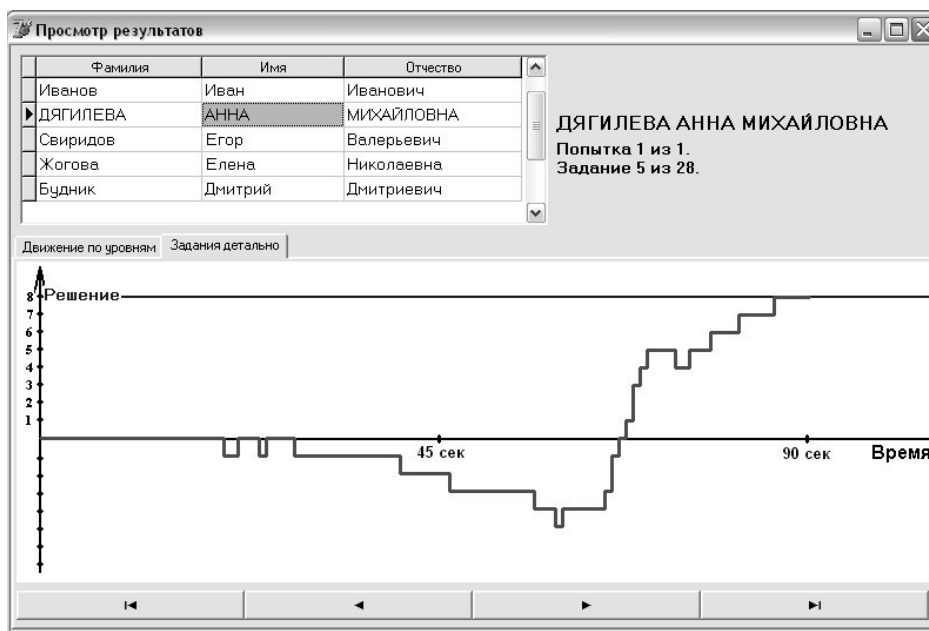


Рис.2. График траектории деятельности

(правильная операция – скачок $+1$, неправильная операция – скачок -1)

Процесс тестирования можно рассматривать как опыт, для которого, как и для любого опыта, существует численная оценка степени неопределенности исхода. Мерой неопределенности любого опыта является **энтропия** [1,7]. Например, если ученик решает задачу методом проб и ошибок, то его информационная энтропия

(следовательно, и количество ошибочных действий) максимальна. Научение приводит к уменьшению энтропии и соответственно к возрастанию упорядоченности деятельности, правильности выполнения операций.

Если ученик, в результате обучения, эволюционирует в направлении упорядочения, развития и совершенствования своей внутренней структуры, то его энтропия уменьшается. Это требует целенаправленных усилий, внесения информации, иначе говоря, управления.

Энтропия деятельности ученика, при выполнении задания определяется, как величина равная

$$H = -p \log_2 p - q \log_2 q, \text{ где:}$$

p – вероятность того, что операция будет выполнена правильно;

$q = (1 - p)$ – вероятность того, что действие или операция ведет к удалению от целевого состояния.

Выполняя задание, ученик делает серию операций. При этом, каждый раз, выполняя очередное действие, делает выбор, типа «да – нет». Если предположить, что этот выбор ученик делает случайным образом и альтернативы равновероятны, то энтропия максимальна и равна 1, информация об исходе выполнения задания равна нулю. При возрастании вероятности правильного выбора («да») степень неопределенности (энтропия) результата выполнения задания уменьшается и стремится к 0, а информация возрастает от 0 до 1.

Таким образом, процесс научения решению задач сопровождается уменьшением информационной энтропии. В нулевом приближении вероятности или частоты p можно экспериментально определить, отношение числа правильно выполненных операций к общему числу операций n , т.е.

$$p = n_i / n$$

В процессе выполнения заданий система оказывает ученику помощь, частота которой уменьшается по мере научения. При этом испытуемый вырабатывает внутренний механизм обратной связи и начинает осуществлять деятельность в автономном режиме.

Рассмотрим два крайних случая: первый – энтропия, у ученика быстро уменьшается; второй случай – энтропия практически не меняется. Первый случай говорит о том, что ученик хорошо обучаем. Если же энтропия не уменьшается, то

ученик плохо обучается. В процессе тестирования, такой ученик может сделать много заданий, но так и не научиться выполнять их правильно.

Таким образом, можно сделать следующий вывод, что при помощи ДКТ можно не только получить информацию о том, правильно или нет, ученик шел к поставленной цели, но и оценить его энтропийный фактор.

Педагогический эксперимент по измерению информационной энтропии деятельности учащихся

Динамические компьютерные тесты-тренажеры позволяют совместить лабораторный и естественный эксперименты. Это связано с тем, что компьютер ведет запись действий учеников скрытно, то есть ученики не подозревают о введенных в их деятельность изменениях. Особенности деятельности школьников фиксируются компьютером. Проводимый эксперимент является формирующим, так как позволяет проследить усвоение новых знаний и действий.

Рассмотрим гипотезу и цель психолого-педагогического эксперимента, который проводился в средних школах №15 и №98 г. Красноярск. Была выдвинута гипотеза, что ДКТ позволяют измерить энтропию деятельности и классифицировать способности к обучению учеников, по значению описанного выше параметра. В качестве предметной области была взята математика.

Предлагались задания двух видов: а) преобразование графика квадратичной функции; б) конструирование простейших геометрических фигур (многоугольники, окружности и эллипсы) из их фрагментов. Цель эксперимента состояла в выяснении особенностей динамики процесса научения испытуемых. Для этого была реализована компьютерная запись деятельности учеников, которая позволила получить траектории, отражающие деятельность ученика при выполнении задания и функцию ценности состояний [8].

При работе с ДКТ, перед учениками, стояла цель достичь 10 уровень, который соответствует максимуму функции ценности состояний. При его достижении ученик не нуждается в помощи. Он полностью контролирует свою деятельность, его умение быть внимательным сформировалось, так же как и специфические (математические) действия. На рис. 3 приведен пример графика функции ценности состояний успешно обучающегося ученика.

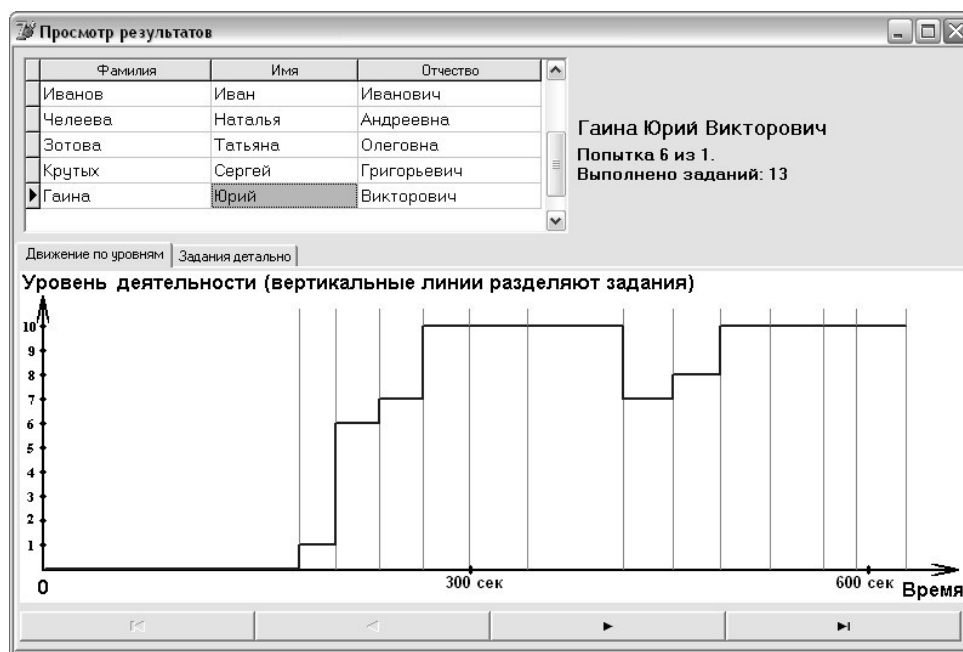


Рис. 3. График функции ценности состояний успешно обучающегося ученика

Однако далеко не все ученики достигают 10 уровня. Некоторые, несмотря на огромный объем тренажных упражнений, достигают невысоких результатов. Такие ученики, постоянно нуждаются во внешней помощи. Как правило, они невнимательны, постоянно совершают ошибки и исправляют их. Деятельность у них осуществляется в основном методом проб и ошибок.

Отдельный интерес представляет изменение энтропии в процессе работы с ДКТ. Ниже (рис. 4) представлены зависимости энтропии от времени и соответствующие траектории деятельности для характерных представителей учеников, которых можно классифицировать на три группы: со слабой, средней и сильной обучаемостью.

На графике зависимости $H(t)$ каждая точка представляет собой энтропию выполненного задания. Число заданий соответствует числу точек. Максимальное значение энтропии равно 1, минимальное нулю. Из сравнения трех графиков энтропии видно, как изменялась энтропия от задания к заданию для характерных представителей разных групп учащихся.

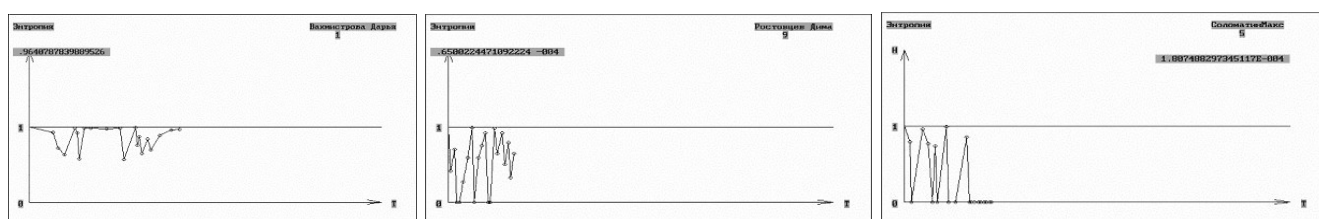


Рис. 4. Графики изменения энтропии от времени.

Слева – направо последовательно представлены: слабый, средний и сильный ученик.

Соответствующее сравнение траекторий деятельности ученика при выполнении заданий (рис.5) показывают сильную хаотичность деятельности слабого ученика, почти упорядоченную деятельность среднего ученика и идеальную, в смысле правильности выполнения операций, деятельность сильного ученика.

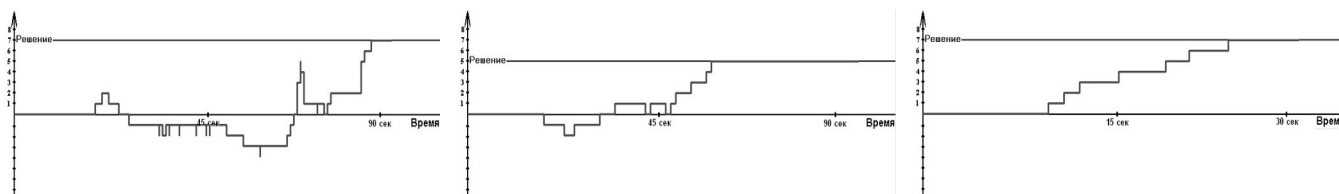


Рис. 5. Графики траекторий деятельности учеников.

Слева – направо последовательно представлены: слабый, средний и сильный ученик.

Таким образом, энтропийный фактор позволяет ранжировать учащихся по способности к обучению решению данного типа задач. Функции ценности состояний и траектории выполнения заданий наглядно показывают динамику процесса обучения и детально характеризуют отличия учеников друг от друга. Это позволяет точнее проводить психолого-педагогическую диагностику обучаемости учеников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации М.: С.-335, 1994.
2. Винер Н Кибернетика или управление и связь в животном и машине, М.: Советское радио, С. 314, 1968.
3. П.Я. Гальперин Введение в психологию. М.: Издательство Московского университета. С..150. 1976.
4. Талызина Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний. Психологические основы. М.: МГУ, 1984.
5. Дьячук П. П., Ларионов Е.В., Пак Н.И. Нелинейные технологии в динамических тестовых заданиях по математике, Сибирский образовательный журнал «Современное образование», №3, С.102-105, 2001.
6. Бабанский Ю.К. Методы обучения в современной образовательной школе. М.: Просвещение, 1985. -208 С.
7. Яглом А. М. , Яглом И. М. Вероятность и информация. – Москва: Изд-во Наука, 1973. – 511 с.

8. Джордж Ф. Люгер “Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем”, 4-е издание, Москва Санкт – Петербург Киев, 2003, - 863 с.