

С.В. Бортновский, П.П. Дьячук, П.П. Дьячук (мл), Д.Н. Кузьмин

Сетевые динамические компьютерные тесты-тренажеры коммуникативных способностей обучающихся решению задач

Рассмотрены сетевые компьютерные технологии обучения для организации информационного взаимодействия обучающихся при решении задач. Отражены принципы работы компьютерных программ и результаты диагностики парного взаимодействия.

The network computer technologies of training for the organization of information interaction of problems trained at the decision are considered. The principles of the work of computer programs and the results of the diagnostics of a pair interaction are reflected.

Розглянуто мережеві комп'ютерні технології навчання для організації інформаційної взаємодії завдань тих, хто навчається. Наведено принципи роботи комп'ютерних програм і результати діагностики парної взаємодії.

Введение. В наиболее яркой форме коммуникативные способности учащихся проявляются в коллективном способе обучения [1], включающем в себя четыре формы информационного взаимодействия: коллективную (каждый учит каждого), групповую (один одновременно учит многих), бинарную или парную (один учит другого) и индивидуальную.

В результате коммуникаций между участниками процесса эффективно усваиваются знания, умения, навыки. При этом развиваются коммуникативные качества личности. Обучение происходит с учетом разного материала и индивидуальных особенностей на основе коммуникативности и полной самостоятельности обучающихся; усвоение и применение максимально приближены. Предполагается, что обучение решению задач носит итеративный характер [2]. В результате повторяющихся упражнений совершенствуются навыки логического мышления и понимания; развиваются навыки мыслительности, включается работа памяти, идет мобилизация и актуализация предшествующего опыта и знаний; повышается ответственность не только за свои успехи, но и за результаты коллективного труда; формируется адекватная самооценка личности, своих возможностей и способностей, достоинств и ограничений; обсуждение одной информации с несколькими сменными партнерами увеличивает число ассоциативных связей, следовательно, обеспечивает более прочное усвоение.

Бинарная форма организации обучения основана на бинарном характере взаимодействия людей в жизни. Сущность бинарной формы

организации обучения состоит в следующем: в каждый конкретный момент времени один ученик обучает, другой учится, либо вместе обучаются, помогая друг другу. В работе участвуют либо два ученика, либо ученик и учитель (статическая пара). Такая пара, как правило, состоит из учеников, сидящих за одной партой. Пары формируются по желанию или без желания учеников. Однако фактору контактности и доброжелательности в бинарной форме организации обучения отводится решающая роль. Статическая пара – это школа подготовки к работе в коллективной форме организации обучения. Ученики в паре постоянно меняются ролями учителя и ученика. Они могут обучать друг друга в режиме взаимообучения, контролировать друг друга, проверять домашнее задание, сообщать новый материал, готовить к зачету, закреплять изученное и пр.

Статическая пара есть одним из наиболее эффективных механизмов, обеспечивающих регулярное общение учащихся друг с другом на уроке и, соответственно, значительное повышение речевой и мыслительной активности каждого ученика. Каждый получает возможность на каждом уроке говорить, отвечать, объяснять, доказывать, подсказывать, проверять, оценивать, корректировать ошибки, воспринимать содержание речи партнера, отвечать на вопросы и задавать их.

Совместная деятельность и общение – решающие факторы развития самосознания учащихся благодаря тому, что они становятся субъектами взаимного межличностного отражения, отношений и взаимодействий. Одним из условий успешного управления учебно-познавательной

деятельностью учащихся при использовании коллективных учебных занятий становится качественный дидактический материал. Обычно он предусматривал карточки, составленные для методик взаимобмена заданиями и взаимопроверки индивидуальных заданий, и карточек для контроля усвоения знаний и умений. Однако необходимость создания материала, «заменяющего учителя», приводит к большим временным затратам. Кроме этого, возникала еще одна проблема – оценка учащихся за проделанную работу. Следовательно, требуется инструмент, который позволял бы ученикам работать в паре без вмешательства учителя, а с другой стороны, позволял бы учителю отслеживать все действия учащихся и выставлять соответствующую оценку.

По мнению авторов, таким инструментом есть сетевые динамические тесты-тренажеры [3]. Сетевые динамические компьютерные тесты-тренажеры (СДКТТ) организованы так, что при работе с ними ученик должен выполнить серию аналогичных заданий. При этом он получает тренаж и усваивает алгоритм решения данного типа задания. Кроме того, ученик в роли учителя наблюдает процесс решения задачи товарищем, владея необходимой информацией. В этом случае он может увидеть наиболее типичные ошибки в решении подобного рода задач, оказывать управляющие воздействия на товарища, видеть результат этих воздействий. Все это способствует более глубокому усвоению учебного материала.

Для более эффективного применения СДКТТ можно разработать различные варианты их проведения:

- задания генерируются участниками теста-тренажера, т.е. ведущий создает ситуацию, которая в аналитической форме передается ведомому, и затем ведомый решает; после ответа ведомого участники меняются ролями;
- задания генерируются компьютером; затем участники тестирования решают задание вместе и обмениваются информацией;
- задания генерируются компьютером, затем участники тестирования решают задание вместе, выполняя ходы по очереди;

- задания генерируются компьютером, после чего один из учащихся решает задание, а второй, владея всей информацией для решения, оказывает помощь первому участнику.

При любом из этих вариантов все действия учащихся записываются компьютером, и учитель будет владеть полной информацией о процессе научения, вплоть до того, что сможет в реальном времени восстановить деятельность обучающихся.

Организация обратной связи в СДКТТ

СДКТТ представляют собой систему программно связанных между собой соответствующих динамических компьютерных тестов-тренажеров [4]. Ученик, работая с системой, выполняет все многообразие заданий тестируемой темы. Каждое задание в СДКТТ представляет собой компьютерную систему, в которой имеются все атрибуты управления учебным процессом с соответствующим контролем и диагностикой, который проводится в процессе выполнения задания. Операции, или математические действия представлены в таких заданиях, как временной ряд событий. Последовательность этих событий управляется с помощью компьютера посредством специальной обратной связи. Адаптация осуществляется варьированием суммарного коэффициента обратной связи, который изменяется в зависимости от успешности учебной деятельности ученика [4, 5].

Процесс учебной деятельности при решении задач рассматривается, как процесс, при котором суммарный коэффициент обратной информационной связи R уменьшается от единицы до нуля. Другими словами, по мере обучения, ученику требуется все меньше и меньше «подсказок» (т.е. информации о процессе деятельности). Одновременно с уменьшением частоты подкреплений происходит уменьшение количества ошибочных действий. В пределе, когда ученик овладел алгоритмом, он не нуждается в информационных подкреплениях учебной деятельности. При $R = 0$ деятельность ученика становится автономной, независимой от других участников процесса научения. В этом случае можно с уверенностью сказать, что он овладел умением осуществлять алгоритмическую дея-

тельность по выполнению данного типа заданий [6].

В предлагаемых сетевых динамических тестах-тренажерах управление местной обратной связью берет на себя либо учитель, либо ученик, выполняющий роль учителя. Коэффициент местной обратной связи равен $R_i^M = P_A^{i-1} \cdot P_B^{i-1}$.

Главная петля обратной связи обозначает функцию, определяющую уровень самостоятельности учащегося. Коэффициент главной обратной связи задается компьютерной системой. Он равен P_B^{i-1} . Суммарный коэффициент обратной связи при выполнении i задания равен

$$R_i^T = P_A^{i-1} \cdot P_B^{i-1} + P_A^{i-1}, \quad (1)$$

где $P_A^{i-1} = \frac{N_1^{i-1}}{N_0^{i-1}}$ – доля неправильных действий

(N_1 – количество неправильных действий; N_0 – общее количество действий); P_B^{i-1} – относительная частота информационных воздействий учителя посредством включения датчиков «расстояние до цели» [7, 8]. В этом случае компьютер, учитывая относительную частоту ошибочных действий P_B^{i-1} переводит ученика на новый уровень самостоятельности. Учитель должен оптимально регулировать число управляющих воздействий, так как слишком частые воздействия могут сбросить успешного ученика вниз, а слишком редкие воздействия или их отсутствие могут не дать возможности слабому ученику выполнить задание.

Интерфейс и режимы работы СДКТТ

Рассмотрим принцип работы сетевого динамического теста-тренажера на примере СДКТТ «Преобразование графика квадратичной функции», позволяющего организовать деятельность ученика по выработке алгоритма преобразования графика функции $y = x^2$ в график функции $y = a(x - x_0)^2 - y_0$. Для этого на экран монитора выводится геометрический образ функции $y = x^2$. С помощью управляющих кнопок ученик может осуществлять параллельный перенос, деформировать и переворачивать параболу. По окончании преобразова-

ний он вводит ответ нажатием кнопки «Готово». Тренажер может работать в трех режимах.

1. В тестировании участвуют учитель и ученик (статическая пара).

2. В тестировании участвуют два ученика, исполняющие роль учителя по очереди.

3. В тестировании участвуют два ученика, одновременно решающие задачу, генерируемую компьютером.

Рассмотрим первый и второй режимы на примере сетевого динамического теста-тренажера «Преобразование графика квадратичной функции» (рис. 1).

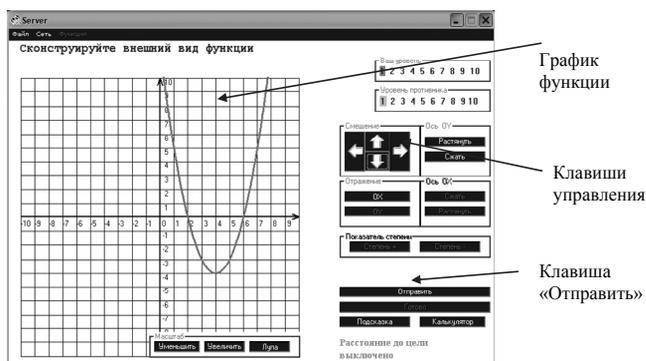


Рис. 1. Конструирование задания

Режим 1. За компьютерами сидят учитель и ученик или ученик и ученик. На экран дисплея учителя выводится геометрический образ функции $y = x^2$. С помощью управляющих кнопок учитель может смещать, деформировать и переворачивать параболу (рис. 1.). По окончании преобразований он отправляет задание ученику.

При этом компьютер рассчитывает параметры квадратичной функции a , x_0 , y_0 и преобразует уравнение функции к виду $y = ax^2 + bx + c$. Затем на экран выводятся уравнение и график функции $y = x^2$, преобразуя который, ученик должен получить график сконструированной функции (рис. 2).

В каждом задании можно выделить конечное число элементарных операций. Это сдвиги вправо, влево, вверх, вниз, переворот, связанный с изменением знака коэффициента, сжатие и растяжение. Каждая операция выполняется по нажатию определенной клавиши на панели управления. В программе, согласно которой уче-

ник выполняет это преобразование, выполняется запись кодов клавиш операций [3].

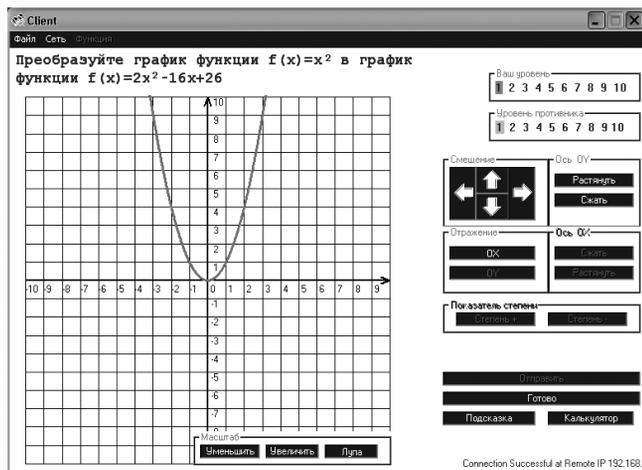


Рис. 2. Задание, полученное учеником

Запись последовательности нажатий осуществляется скрытно от ученика и позволяет записать траекторию решения задачи. Процесс записи проводится с хронометражем времени, затрачиваемого на каждую операцию.

Все действия ученика отображаются на мониторе учителя, и учитель, анализируя деятельность ученика, может подавать сигналы, помогающие ученику сделать правильный ход (рис. 3).

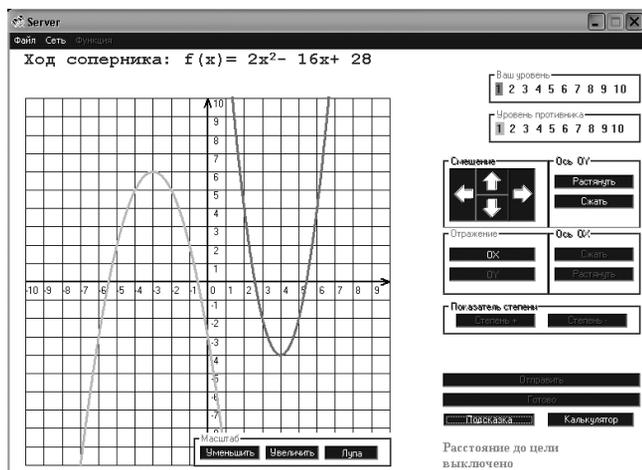


Рис. 3. Ход решения на мониторе учителя

Изучая динамику изменения учебной деятельности ученика по достижении цели, например, преобразования графика функции, учитель может сделать выводы о том, как быстро ученик осваивает алгоритм. Таким образом, учитель получает информацию о скорости обучения ученика. В отличие от метода протокола за-

писи решения задачи, используемой в психологии, компьютерная запись с числовыми характеристиками – количество действий, ошибок, времени, затрачиваемого на каждый ход, позволяет исключить влияние субъективного фактора.

В обучении существенная роль отводится учету отклонений от заданной алгоритмом последовательности действий. Как правило, отклонения приводят к ошибке. Цель при этом не достигается. Цикличность в создании учебных заданий и отложенная обратная связь позволяют ученику, во-первых, увидеть эти отклонения, во-вторых, скорректировать ход решения очередного задания с учетом ошибки. В простейшем случае обратная связь представлена информацией, выведенной на экран компьютера в виде:

- сообщения типа «правильно, неправильно»;
- графика правильного решения, представленного другим цветом.

При работе с СДКТТ ученик, выполняя тестовые задания, изменяется в плане совершенствования алгоритмической деятельности. Эти преобразования объекта фиксируются компьютером в реальном времени, образуя временной ряд событий. Если ученик работает с тренажером по алгебре, то у него происходит преобразование состояния, которое заключается в том, что от задания к заданию он допускает все меньше и меньше ошибок. В идеале он осваивает алгоритм выполнения заданий без единой ошибки.

Структура и целевая функция системы управления СДКТТ

Проведем анализ возможности сетевых компьютерных технологий обучения для организации информационного взаимодействия обучающихся решению задач для *третьего* режима работы СДКТТ. В этом режиме учащиеся совместно решают задачу, осуществляя действия по очереди. Рассмотрим относительно простую систему сетевого компьютерного динамического тестирования деятельности двух обучающихся решению задач, так называемое парное, или бинарное взаимодействие [3, 5].

В качестве численной характеристики процесса научения используется целевая функция φ . Целевая функция $\varphi(t)$ каждого ученика в момент времени $t_{i+1} = t_i + \Delta t_{i+1}$ определяется уравнением

$$\varphi(t_i + \Delta t_{i+1}) = \Phi(\varphi(t_i), S(t_i + \Delta t_{i+1})), \quad (2)$$

где $S(t)$ – функция вознаграждения ученика. Она равна сумме поощрений (1) и штрафов (0), полученных учеником в процессе выполнения $i+1$ задания.

Выходной сигнал $f(x)$ формируется функцией F

$$f(t_i) = F[\varphi(t_i)]. \quad (3)$$

Выходной сигнал определяет вид и частоту помощи, которую система управления оказывает обучающемуся. Частота помощи, или подкрепления деятельности ученика, зависит от достигнутого значения целевой функции.

За акт поведения пары учащихся были взяты два последовательно совершаемых действия: действие первого ученика и последующее за ним действие второго ученика. Поскольку каждый ученик может выполнить как правильное (1), так и неправильное (0) действие, предлагается использовать следующие обозначения для типов актов поведения пары:

- 1–1, каждый из учеников выполнил действие правильно;
- 0–1, первый ученик ошибся, второй исправил ошибочное действие;
- 1–0, первый ученик выполнил действие правильно, второй – нет;
- 0–0, оба ученика выполнили ошибочные действия.

В качестве целевой функции φ управления поведением пары обучающихся можно использовать информационную энтропию:

$$\varphi = H = \sum_{i=1}^4 p_i \log_2 p_i, \quad \text{где } p_i = \frac{n_i}{n} \quad (4)$$

p_i – вероятность каждого типа возможных актов поведения пары, n_i – число актов поведения каждого из возможных исходов (0–0, 1–0, 0–1, 1–1), n – общее из возможных актов поведения.

Для более наглядного отображения достижений пары учащихся разобьем значения це-

левой функции на 10 интервалов и назовем их уровнями самостоятельности.

Переход между уровнями зависит от рассчитанной компьютером целевой функции и определяется формулой

$$L = (1 - f)9 + 1, \quad (5)$$

где L – уровень самостоятельности, f – целевая функция.

Структурная схема системы управления информационным взаимодействием пары обучающихся решению задач представлена на рис. 4. Прямоугольниками обозначены программные модули, а стрелками – информационные потоки.

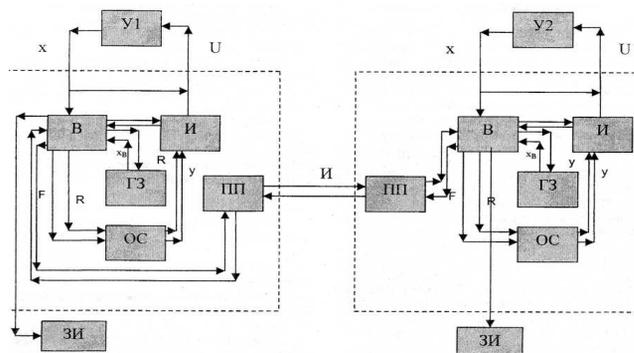


Рис. 4. Структурная схема обучающей и диагностирующей системы: ГЗ – генератор заданий; ПП – приемно-передающий модуль; В – вычислительный модуль; И – интерфейс модуль; ОС – модуль отрицательной обратной связи; У1 – объект управления (первый ученик); У2 – объект управления (второй ученик); ЗИ – аналитический модуль, записывающий информацию о деятельности ученика; $x_{вх}$ – задающие воздействия (задание); u – управляющее воздействие; x – управляемая величина; R – критерий оптимальности; F – функционалы, определяющие текущее состояние решения задачи в ее проблемном пространстве; y – корректирующее воздействие; И – информация для передачи

В зависимости от уровня самостоятельности компьютерная система оказывает на каждого из учащихся управляющие воздействия (через индикатор расстояния до цели). Цель деятельности управляющей системы состоит в том, чтобы вывести ученика на уровень, соответствующий полной самостоятельности ученика.

Экспериментальные результаты диагностики парного взаимодействия

На рис. 5 показана реализация целевой функции обучающейся пары и функции траектории деятельности системы управления $y(t)$. $L(t)$ и частота управляющих воздействий $y(t)$. Верти-

кальные линии соответствуют окончанию выполнения очередного задания.

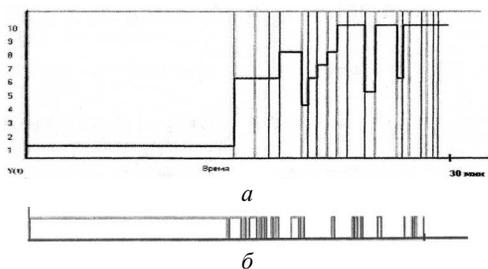


Рис. 5. Экспериментальный график уровней: *а* – самостоятельности; *б* – частоты управляющих воздействий

Функция вознаграждения (рис. 6) определяет отображение каждого действия для данной задачи в данный момент времени. Если пара учащихся правильно выполняет действие, то график возрастает на два (действие каждого из учащихся увеличивает значение функции на единицу), если неправильно – убывает на два. В случае если один учащийся выполнил правильное действие, а другой нет, то значение функции вознаграждения не изменяется.

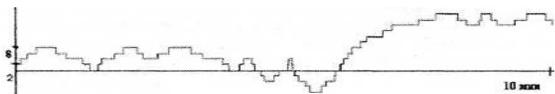


Рис. 6. График функции вознаграждения пары учащихся

Ширина ступенек показывает время, которое учащийся затратил на выполнение данного действия. Функция вознаграждения постоянно возрастает в случае выполнения учащимся всех действий правильно и убывает, если действия выполнены ошибочно.

На рис. 7 представлены диаграммы действий пары на разных этапах тестирования. На первой диаграмме показано одно из первых заданий, учащиеся действуют несогласованно, методом проб и ошибок их информационная энтропия стремится к единице.

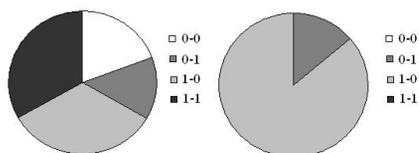


Рис. 7. Диаграммы типов актов поведения пары учащихся

На второй диаграмме в паре происходит разделение учащихся на ведущего (ученик 1) и ве-

домого (ученик 2), причем видно, что ведущий не только совершает все действия без ошибок (вариантов 0–0 и 1–0 на диаграмме нет), но и исправляет ошибочные действия ведомого, в результате чего энтропия пары уменьшается.

Заключение. Анализируя подобные диаграммы, можно сделать выводы об эффективности объединения данных учеников в пары. Например, пары, в которых целевая функция на протяжении всего тестирования постоянно увеличивается – эффективны, а пары, в которых она постоянна или допускает колебания – неэффективны. Такие пары желательно перераспределить.

Как показал эксперимент, технологию сетевых динамических компьютерных тестов-тренажеров целесообразно использовать как эффективное средство повышения коммуникативных способностей обучающихся.

1. Дьяченко В.К. Сотрудничество в обучении: О коллективном способе учебной работы. – М.: Просвещение, 1991. – 192 с.
2. Новиков А.М. Методология учебной деятельности. – М.: Эгвес, 2005. 176 с.
3. Кузьмин Д.Н., Дьячук П.П., Васильева Е.Н. Сетевые технологии и КСО: Учебное пособие. – Красноярск, 2004. – 78 с.
4. Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Шадрин И.В. Системы автоматического регулирования учебных действий // Информационно управляющие системы. – 2010. – № 5. – С. 5–12.
5. Светлов В.А. Конфликт: модели, решения, менеджмент. – СПб.: Питер, 2005. – 540 с.
6. Дьячук П.П., Дьячук П.П. (мл.), Ларионов Е.В. Динамика процесса обучения решению алгоритмических задач // Науч. ежегод. КГПУ. – Красноярск: РИО КГПУ, 2003. – С. 314–322.
6. Дьячук П.П., Пустовалов Л.В., Суворцев В.М. Система управления поиском решения алгоритмических задач // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 3.2 (33). – С. 258–263.
7. Дьячук П.П., Бортновский С.В., Шадрин И.В. Система автоматического управления целенаправленной деятельностью *Tr@ck* // Открытое образование. – 2010. – № 3. – С. 10–18.

E-mail: bsv@imfi.kspu.ru, bort_sv@mail.ru, ppyachuk@rambler.ru

© С.В. Бортновский, П.П. Дьячук, П.П. Дьячук (мл), Д.Н. Кузьмин, 2012