

444440

Форум Журнал Карта сайта
Контакты E-Mail IFETS

- Форум
- Регистрация
- Новости
- Журнал
 - Идеология журнала
 - Номера журнала
 - Публикации
 - Лицензионный договор-оферта
 - Информация авторам
 - Редакция
 - Эксперты
 - Сведения для экспертов
- Библиотека
- Карта сайта
- Контактная информация
- Поисковая машина
- Благодарности
- Баннеры рекламодателя!

Международный журнал "Образовательные технологии и общество"

"Образовательные технологии и общество" (ОТО) - это ежеквартальный рецензируемый электронный журнал со свободным доступом через Internet.

"Образовательные технологии и общество" (ISSN 1436-4522) - это официальный журнал Международного Форума "Образовательные Технологии и Общество". В журнале "Образовательные технологии и общество" публикуются научные статьи, интересующие разработчиков обучающих систем и преподавателей, которые занимаются внедрением/использованием таких систем. В статьях обсуждаются перспективы названных сообществ и/или их взаимоотношения друг с другом.

Идеология журнала

- Многие *преподаватели* не полностью осознают преимущества, которые можно извлечь из использования передовых образовательных технологий и не знают как они могут повлиять на разработчиков.
- *Разработчики* обучающих систем и исследователи в области искусственного интеллекта (ИИ) также часто не знают нужд и требований типичного преподавателя.
- *Цель журнала* - помочь этим группам лучше понять роль друг друга во всех образовательных процессах и указать им пути поддержки друг друга.

Получить дополнительную информацию по тематике и разделам журнала, ознакомиться с текущими требованиями к статьям можно [здесь](#).



Hot for

Форум Журнал Карта сайта
Контакты E-Mail IFETS



Интерактивный инструмент для линейных преобразований графиков элементарных функций

Николай Александрович Павлов
инженер по ВТ и КС,
филиал НОУ ВПО «Столичная финансово-гуманитарная академия» в г. Мурманске,
ул. К. Либкнехта, 27а, г. Мурманск, 183038, 8(8152) 44–33–64
p-panther@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена механизмам воспроизведения графиков элементарных функций с помощью специализированных программных средств, предусматривающих разные варианты степени участия пользователя в их построении. Описывается компьютерная реализация специального методического средства, с помощью которого становится возможным создание иллюзии непосредственного участия человека в процессе построения графиков функций. Рассматриваемые вопросы могут представлять интерес для учителей и учащихся школ, студентов нематематических специализаций высших учебных заведений при изучении предмета «Математика», а также студентов старших курсов педагогических институтов при подготовке их к педагогической практике.

The article deals with the mechanisms reproduction graphics of elementary functions using specialized software tools providing different variants of the degree user's participation in its plotting. It describes the computer realization of the special methodological guide which makes possible the creation of illusion the direct human involvement in of functions' plotting process. Discussed issues may be interesting for the teachers and school children, students of non-mathematical specializations of higher institutes in study of Maths as well as advanced students of pedagogical institutes in preparation for their teaching practice.

Ключевые слова

Графики элементарных функций, компьютерная программа, *Матрица*, направляющие прямоугольники.
Elementary functions' graphics, computer program, *Matrix*, the guiding rectangles.

Введение

Одним из важных разделов курса математики (не только в школе, но и в вузе) является изучение вопросов поведения функций и построения их графиков. Свободное владение техникой построения графиков часто помогает решать сложные задачи, а порой является единственным средством их решения.

Построению графиков элементарных функций посвящено множество программных средств. Данный объект может быть задан как в аналитической форме, так и в режиме «от руки».

Как правило, варианты получения графических зависимостей «основаны на одной из двух стратегий:

- табличный ввод данных,
- задание функций формулой.

Например, все системы поддержки символьных вычислений (Maple, Mathematica, Maxima, MathCad и др.) позволяют изображать график функции, если известна формула или уравнение, задающие функцию» [1].

Ряд обучающих программ, таких как [2-5], позволяют изображать аналитическое задание функции в виде соответствующего графика. В основном подобные программные средства используются в качестве демонстрационных. Случаи, когда над выполнением задания самими учащимися ведётся программный контроль, редки. Но если вопрос о разработке компьютерных программ, позволяющих осуществлять подобные построения, достаточно проработан, то вопрос об инструментах, предназначенных для формирования определённого навыка у учащихся и сопутствующего этому контролю, всё ещё остаётся до конца не решённым.

Распространённые подходы к построению графиков функции в современных компьютерных программах

Осуществлять рисование даже самого несложного графика (например, $y = k \cdot x + p$) элементарной функции «от руки» на экране (так, как это мы привыкли делать на бумаге с помощью карандаша или кисти) – достаточно сложная задача.

Обычно для этого применяют специальные инструменты, в которых механизм построения функции уже заложен.

Довольно часто действует другой механизм, который запускается при вводе цифровых данных или символьных обозначений.

В третьем случае, встречающемся значительно реже, предусмотрена возможность перемещения или деформации графика функции самим пользователем после представления исходного графика на экране.

Рассмотрим возможность построения и преобразования графика квадратичной функции в отдельных существующих программах учебного назначения.

Пример 1. В отдельных случаях для преобразования графика функции (перемещения или деформации) предлагаются инструменты, не только реагирующие на ввод числовых значений для его преобразования, но и осуществляющие подобную операцию вручную.

Построить график элементарной функции без ввода данных в интерактивном режиме позволяет программа GeoGebra [4]. Она пошагово следит за ходом преобразования в процессе изменения пользователем опорных точек (отмечаются с помощью манипулятора) и сохраняет каждое перемещение на любом этапе в специальной области экрана.

Так, для построения параболы используется специальный инструмент пиктограмма с её эскизом и набор определённых точек. На координатной плоскости необходимо отметить контрольную точку и директрису параболы, после чего идёт автоматическое воссоздание искомого графика (рис. 1).

Построенный график можно перемещать за отмеченную ранее точку, используя курсор. Но особое внимание следует уделять при движении в

направлении, перпендикулярном отмеченной директрисе, поскольку при таком перемещении вид функции может меняться.

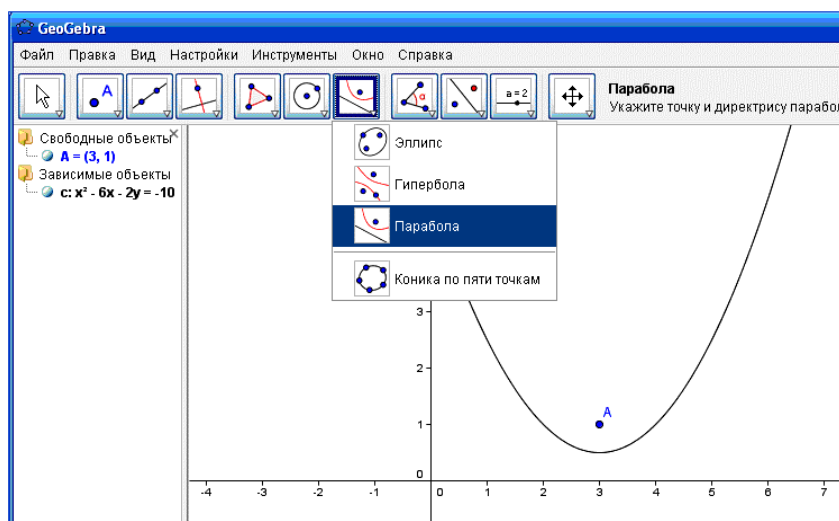


Рис. 1. Построение параболы в GeoGebra.

Пример 2. Чаще всего для построения и преобразования графиков функций различного вида встречаются программы, в которых эти действия осуществляются только самой программой, оставляя пользователю необходимые числовые параметры.

Например, программное средство «Математика 5–11» издательства «Дрофа» [3] представляет собой комплексную программу, содержащую набор инструментальных средств для различных преобразований.

В программе присутствует ряд заданий на перемещение графиков элементарных функций.

График любой предусмотренной в данной программе функции можно получить с помощью специального инструмента, который даёт возможность вводить формулы в отдельном окне (рис. 2.1).

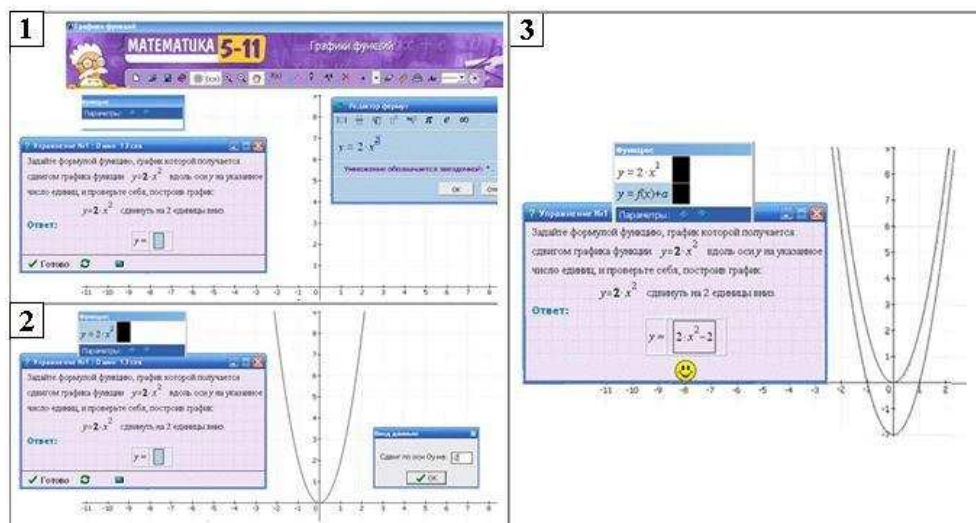


Рис. 2. Окно с заданием и окно с редактором формул для построения графика функции (1).
Преобразование графика функции(2).

Результат выполнения упражнения на тему «Линейные преобразования» (3) в программе «Математика 5–11. Практикум: Учебное электронное издание»

Отличительной особенностью этой программы является наличие в ней упражнений, в которых учащимся предлагается выполнить различные задания на построение, затем осуществляется проверка, фиксируется время выполнения и выдается результат.

Например (рис 2.1), учащемуся дается задание, в котором он должен ввести формулой функцию, полученную в результате перемещения графика функции $y = 2 \cdot x^2$.

На самом же деле пользователю предлагают применить специальные инструменты, которые дают возможность ввести соответствующую команду. В ходе работы с их помощью сначала машиной реализуется построение графика этой функции (рис 2.2), а затем осуществляется его перенос на две единицы вниз (рис 2.3).

При каждом построении, перемещении или деформации функции её формула отражается в специальном окне «Функции». В случае ввода данных, полностью соответствующих заданному условию, пользователю дается условный знак в виде улыбающегося колобка, который появляется в окне с заданием.

Пример 3. Ещё одним вариантом программы, предназначенной для построения и преобразования графиков функций различного вида, является «Графер» [5], представленный в открытом доступе на сайте «Единой коллекции образовательных ресурсов».

В аннотации к программе авторы утверждают, что «Цифровой ресурс представляет собой интерактивную модель, позволяющую строить графики различной сложности, производить преобразования графиков и другие операции над графиками функций» (<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/4b670000-561d-0c3a-49fd-19943810fe07/?>).

Как и в предыдущем случае, строит график, заданный помощью ввода пользователем числовых параметров, сама программа. Перемещения же его или деформацию можно осуществлять двумя способами: ввести параметры и программа выведет график на экран, или же введя в действие специальный инструмент,

преобразовать его «вручную», получив от программы новую формулу, соответствующую полученному результату (рис. 3).

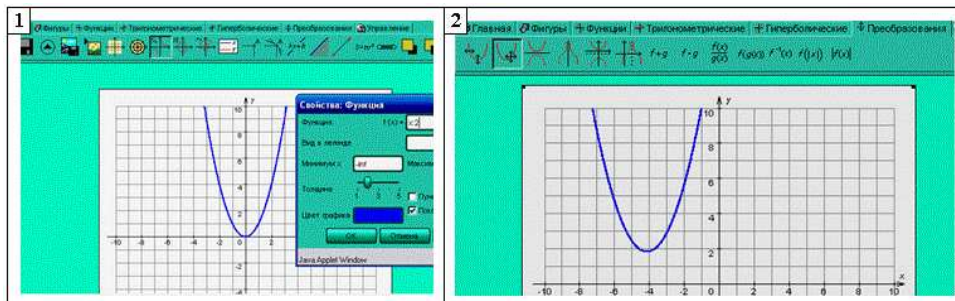


Рис. 3. Построение и перемещение параболы в «Графер»

Компьютерный мини-задачник *Матрица*

Мы предлагаем свой инструмент для построения и линейных преобразований графиков элементарных функций, разработанный в виде отдельного *Модуля* мини-задачника *Матрица*.

Примеры этой небольшой программы уже были представлены на страницах данного журнала в статьях:

1. «Играть, обучаясь или обучаться, играя с помощью электронных средств обучения?», 2009, V. 12, №3. [6].
2. «Проект «Старинные часы» на сайте <http://www.vischool.rxt.ru>», 2010, V. 13, №3. [7].

Кратко напомним особенности этого инструмента.

Структура и состав программы *Матрица*

Технологически состав этого программного средства можно условно разделить на две части:

- первая представляет собой её оболочку,
- вторая – наполненный учебным содержанием *Модуль*, который включает в себя комплекс заданий для выполнения учащимися [8].

Оболочка Матрицы не связана с предметным содержанием программы, а лишь позволяет осуществлять навигацию внутри неё, обрабатывать действия пользователя, взаимодействовать с интерактивными *Модулями*, с помощью которых формируются, закрепляются или восстанавливаются необходимые навыки учащихся, и выводить в конечном итоге результаты работы пользователя.

Именно это даёт возможность формировать *Матрицы* разного назначения: контролирующую (например, *Матрица* «Схема строения сердца человека» [6]) или обучающую (например, *Матрицы* коллекции «Старинные часы» [7]).

Структура и состав *Модуля* программы *Матрица*

В обоих случаях собственно процесс решения конкретной задания управляется *Модулем*, основной задачей которого является интерпретация действий пользователя при работе с учебным содержанием программы и передача информации о её результатах в программную оболочку (верен или нет полученный ответ).

В состав *Модуля* входят **Задание**, **Главный объект**, **Анимационная подсказка** (присутствуют всегда), **начальные условия** и **дополнительные интерактивные инструменты** (вводятся по мере надобности) (рис. 4).

Разрабатывая прототип *Матрицы*, мы прилагали усилия для активизации умственной деятельности учащегося путём вовлечения его в “процесс делания”, который обеспечивается у нас **интерактивными инструментами Главного объекта**, **начальными условия** или **дополнительными интерактивными инструментами**.

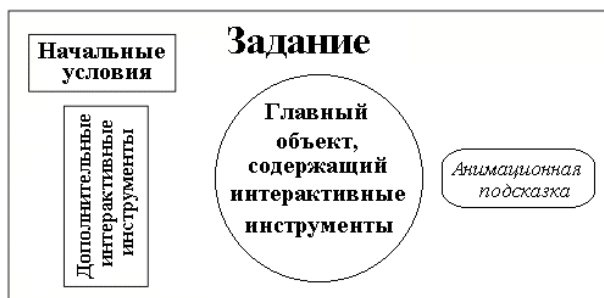


Рис. 4. Полная схема структуры *Модуля Матрицы*

- **Задание** – расширенная формулировка задания, которое выбрал пользователь в первой части программы.
- **Главный объект** – содержит совокупность **интерактивных инструментов**, с помощью которых выполняется **Задание**.
- **Анимационная подсказка** – мини-сюжет, демонстрирующий действия пользователя с **интерактивными инструментами Главного объекта** (рис. 5).

Например, человек-помощник поэтапно показывает, как работать со стрелками виртуальных часов в *Матрице* «Стрелки на старинных часах» (рис. 5.1) или с фломастером в *Матрице* «Гипотенуза прямоугольного треугольника» (рис. 5.2).

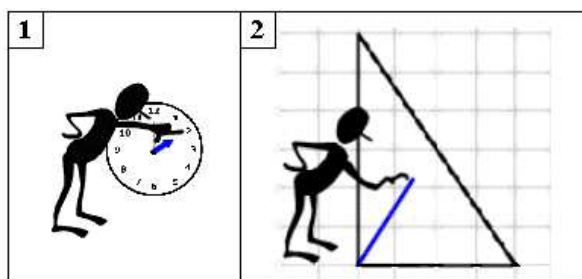


Рис. 5. Анимационная подсказка в *Матрицах*:
«Стрелки на старинных часах» (1),
и «Гипотенуза прямоугольного треугольника» (2)

- **Начальные условия** содержат информацию, ориентируясь на которую можно привести главный объект в исходное состояние.

Например, в *Матрице* «Острые углы на старинных часах» [9] к **начальным условиям** здесь относится рисунок с исходным положением стрелок на циферблате (рис. 6).

Здесь этот элемент необходим: учащийся может увлечься игрой с **интерактивными инструментами Модуля**, переставляя их в различные положения. Когда же он приступит к выполнению самого задания, то окажется

перед проблемой: “Относительно какого положения стрелок нужно выполнять задание?”.



Рис. 6. Вариант выполнения одного из заданий в Матрице «Острые углы на старинных часах»

В Матрице же «Замечательные острые углы» (рис. 7) начальные условия не нужны: положение стрелок и направление поворота их вращения отражены на Главном объекте (рис. 7.2).

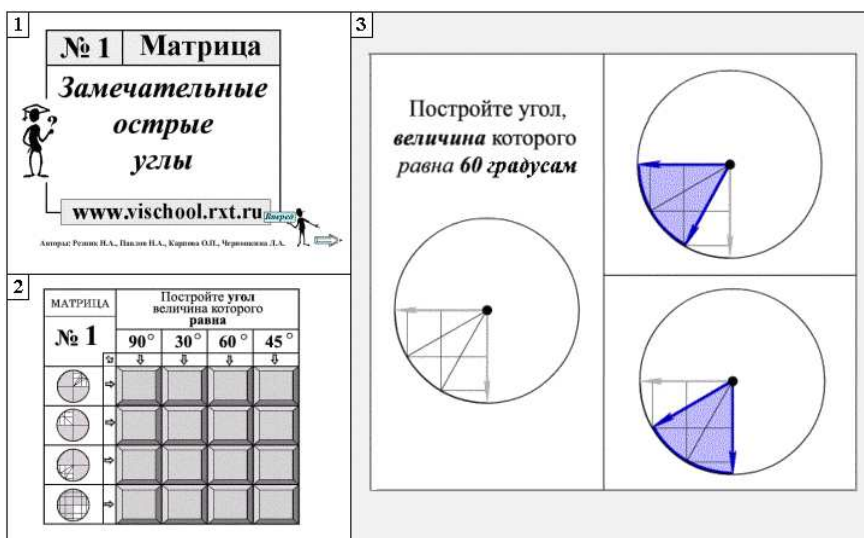


Рис. 7. Титул (1), стартовая страница с полным набором Заданий (2), задание и варианты его выполнения (3) в Матрице «Замечательные острые углы»

– **Интерактивные инструменты** – виртуальные объекты, с помощью которых возможно сделать значение решения задачи видимым.

Например, в Матрице «Замечательные линии равнобедренного треугольника» к таким инструментам относится, фломастер которыми можно рисовать на экране (рис. 8.2).

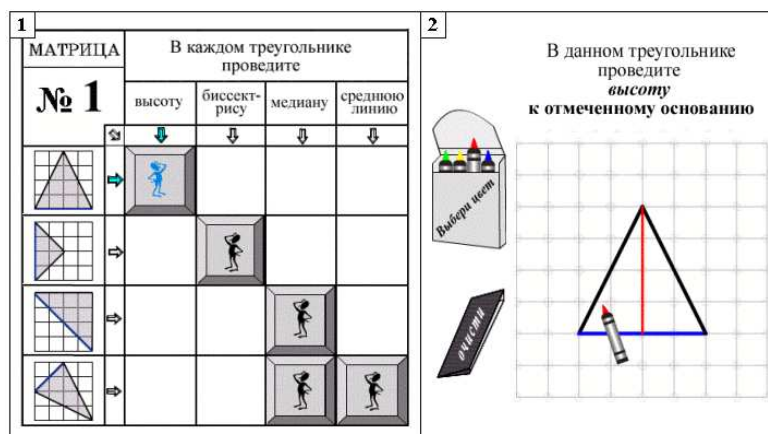


Рис. 8. Страница с выбором конкретного задания (1), интерактивные инструменты Модуля (2) в Матрице «Замечательные линии равнобедренного треугольника»

– *Дополнительные интерактивные инструменты* – это специальные инструменты Модуля, предназначенные для разнообразия действий пользователя при решении задачи.

Например, в Матрице «Замечательные линии равнобедренного треугольника» (рис. 8.1) *дополнительными интерактивными инструментами* являются цветные фломастеры, которыми можно рисовать (рис. 8.2).

Разработка всей структуры и инструментов Матрицы осуществлена в среде Macromedia Flash 8, содержащей язык программирования Action Script 2.0, хорошо зарекомендовавшей себя при создании мультфильмов, презентаций, обучающих роликов, независимых прикладных программ (экранных заставок, интерфейсных оболочек, игр и т.д.).

Инструмент для линейных преобразований графиков элементарных функций как компьютерная реализация методического средства «Направляющие прямоугольники»

Вернемся к основному вопросу нашей статьи, представляя Матрицу «Параллельные перемещения параболы вдоль осей координат».

В основе этого инструмента лежит специальное методическое средство – направляющие прямоугольники графика элементарной функции, – впервые предложенное Н.А. Резник и описанное в работе [10, с. 154].

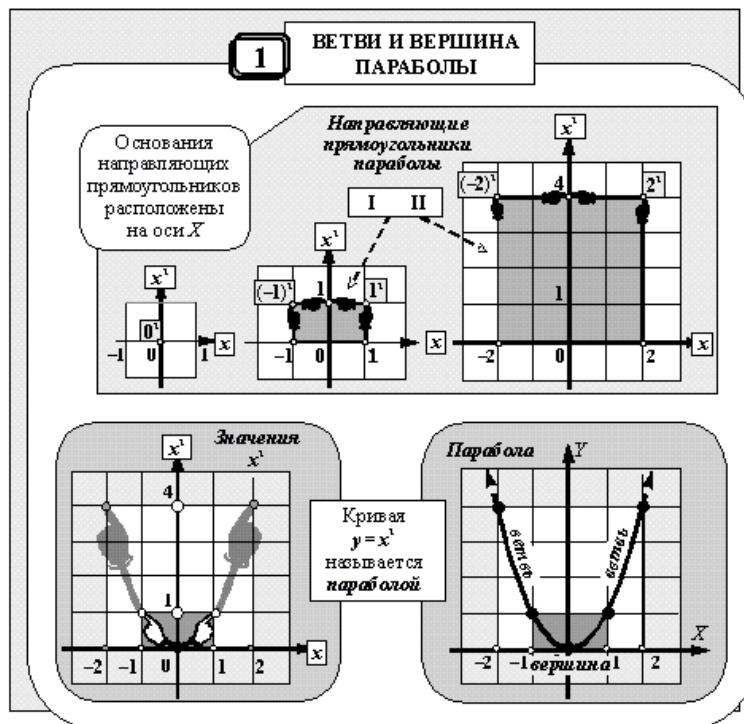


Рис. 9. Методическое средство «Направляющие прямоугольники параболы»

Данное методическое средство представлено в бумажном учебном пособии [11] (рис. 9) и в статье «Developing graphic developing graphic culture of students with the use of computer technologies» [12] (рис. 10).

MATRIX	Define for each graph				
Shifts of hyperbola on the axes of coordinates	the formula of the function	its sphere of definition	the value of the function if $x=0$	the points of its zero values	intervals of the positive values of the function
	<p style="text-align: center;">SUBJECT</p> <p style="text-align: center;">«Hypothesis of the hyperbola shifts on the x-coordinates»</p> <p style="text-align: center;">For the right half-hyperbola $y = \frac{1}{x+p}$</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>1 build (in dotted line) its vertical asymptote</p> <p>2 build and shade the guiding rectangle for the left half-hyperbola</p> <p>5 build the hypothesis of the formula of hyperbola and prove its truth with the help of the point with coordinates $(0; -1)$</p> <p>6 write down the formula of the hyperbola</p> <p>7 build hyperbolae $y = \frac{1}{x+3}$ $y = \frac{1}{x-2}$</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: right;"> <p>3 build the left half-hyperbola</p> <p>4 mark the reference point and the measurement unit on the axes</p> </div> </div>				

Рис. 10. Пример бумажной матрицы «Параллельные перемещения гиперболы», приведённой в журнале Joensuu yliopisto kasvutusteteiden tiedekunnan selosteta

А также на экранах статичных слайд-фильмов серии «Линейные преобразования параболы и гиперболы» [13], впервые опубликованной в качестве приложения [14] к статье «Формирование графической культуры учащихся с использованием компьютерных средств обучения» в одном из журналов «Компьютерные инструменты в образовании» от 2005 года [15].

Опишем пример компьютерной реализации данного методического средства на примере *Модуля Матрицы* «Параллельные перемещения параболы вдоль осей координат».

Приведем ключевые моменты алгоритма работы данного *Модуля*.

Основу данного *Модуля* составляют два movie clip. Они представляют собой графическое представление направляющих прямоугольников.

Главной задачей для учащегося является правильная установка направляющих прямоугольников на экране. Контроль над выполнением в виде показа результата в графическом виде выполняет программа.

К примеру изменяя положение двух составляющих «каркаса» кривой (здесь – параболы), легко осуществлять перемещение графика функции в определённом направлении вдоль осей координат. При этом учтено, что ошибки при перемещении направляющих прямоугольников (рис. 11.1) могут быть двух видов.

Первая из них даёт неверную конфигурацию графика функции $y = x^2 - 1$: построенная линия параболой не является (рис. 11.2). При ошибке второго рода график исходной параболы оказывается «не на том месте», которое задавалось

условием и отмечается красным цветом (рис. 11.3). Верно воспроизведённый график параболы имеет тот же чёрный цвет, что и исходное задание (рис. 11.4).

Так как вид нашей функции заранее определен, то для её построения необходим лишь один набор координат, в качестве которого выступает координата меньшего направляющего прямоугольника.

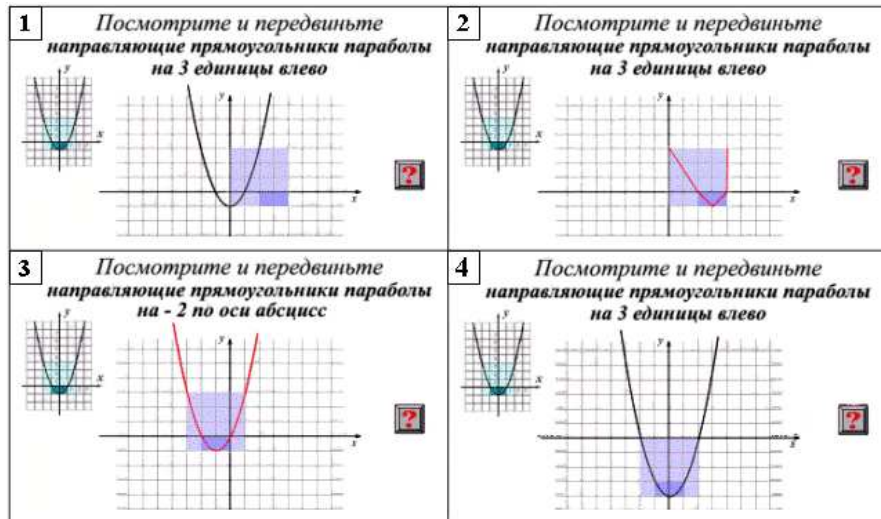


Рис. 11. Пример перемещения направляющих прямоугольников параболы (1), результаты неверного выполнения задания (2, 3) и верное решение задачи (4) в Матрице «Параллельные перемещения параболы вдоль осей координат»

Поскольку основная задача заключается в правильном расположении друг относительно друга, то естественно, оба movie clip должны иметь возможность свободно перемещаться по экрану независимо друг от друга. Для этого используется функция *startDrag()*, которая делает целевой movie clip подвижным. Одновременно перетаскиваемым при помощи данной функции может быть только один movie clip, поэтому в панели Action каждого из них прописывается следующее (см. Листинг 1).

Листинг 1.

```

on (press) {
//Делаем объект перетаскиваемым
startDrag(this);}
on (release) {
//Прекращаем делать объект перетаскиваемым
stopDrag();
//Задаем состояние объекта и проверяем, производилось ли перемещение обоих
объектов
_root.napr_pryam_2 = true;
if (_root.napr_pryam_2 == true and _root.napr_pryam_1 == true) {
//Очищаем состояние обоих объектов и запускаем процедуру проверки их
положения
_root.check_release();
_root.napr_pryam_1 = false;
_root.napr_pryam_2 = false;
}}

```

С помощью мыши не всегда легко установить два объекта на 100% точно относительно друг друга. При перемещении объектов рука пользователя может дрогнуть, поэтому мы ввели допустимую погрешность взаиморасположения объектов и системы автоматизированной коррекции их текущего положения, что выражается в автоматическом выравнивании положения направляющих прямоугольников в случае их очень близкого расположения относительно нижней точки симметрии.

После действий по перемещению данных объектов в рабочем поле (рис. 11.1) осуществляется проверка их взаиморасположения и построение текущего графика квадратичной функции (рис. 11.3) или кривой, дающей неверную конфигурацию графика функции, которая строится по контрольным точкам, определяемым направляющими прямоугольниками (рис. 11.2), что отражено на Листинге 2.

Листинг 2.

```
function check_release() {
//Проверяем, соизмеримы ли координат объектов большого и малого
направляющих прямоугольников в зависимости от задаваемой погрешности
  if (obj_soizmer("napr_pryam_1", " napr_pryam_2", 3) == true) {
    //Проверка положения направляющих прямоугольников на соответствие
текущему выполняемому пользователем заданию
    if (_root.check_otvet(_root.check_xy("napr_pryam_1",
_root.otvet_mas[_root.task_number])) == true) {
//Выравниваем объекты и строим график квадратичной функции
      _root.obj_podravn("napr_pryam_1", " napr_pryam_2");
      _root.build();
    } else {
      //строим график кривой
      _root.build_rong();
    }
  }
}
```

Заключение

Во всех рассмотренных выше программах график функции строился не человеком, а машиной.

В наших инструментах мы хотели реализовать возможность того, чтобы построение осуществлял сам человек. Это достаточно сложная задача, однако, мы нашли такой методический инструмент, который позволил создать практически полную иллюзию этого действия.

Описанный инструмент «Направляющие прямоугольники» может использоваться при изучении любых элементарных функций, например, таких как парабола, гипербола, экспонента, логарифм и др., что делает построение простым и наглядным.

Мы основываемся на следующем.

Перед тем как изобразить какой-нибудь объект, человеку необходимо сначала представить его образ, и только потом приступить к его воспроизведению.

Наш инструмент такую возможность даёт.

Причем на каждом этапе действий он позволяет учащемуся видеть то, к чему он идет еще до получения конечного результата, т.к. прямоугольники, вместе с выделенными контрольными точками искомой кривой, обеспечивают «точность исполнения и ясность восприятия графиков элементарных функций» [10].

Литература

1. Манцеров Д. И., Рукшин С. Е. Автоматизация работы с конструктивными задачами на примере разработки модуля ввода графиков функций в системе поддержки дистанционных научных соревнований// Компьютерные инструменты в образовании. – № 3. – 2010. – С. 53–64.
2. Математика. Практикум: 5-11 классы [Электронный ресурс]: Учебное электронное издание / Под ред. В.Н. Дубровского. М.: ЗАО «1С», 2004.
3. Математика 5–11. Практикум: Учебное электронное издание: [Электронный ресурс]: Новые возможности для усвоения курса математики. / ООО «Дрофа», ООО «ДОС», при содействии НФПК. – М.: ООО Дрофа, ООО ДОС, 2004. – 1 электрон. опт. диск CD-ROM.
4. GeoGebra – Dynamic Mathematics for Everyone. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.geogebra.org/webstart/geogebra.html>, Дата доступа 20.07.2011
5. Построитель графиков «Графер» [Электронный ресурс]: Интерактивное задание / Е.В. Толстов, Д.И. Мамонтов, М.В. Богатырев, С.А. Багаев // URL: <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/4b670000-561d-0c3a-49fd-19943810fe07/00140703362621703.htm>, Дата доступа: 21.07.2011
6. Резник Н.А., Павлов Н.А. Играть, обучаясь или обучаться, играя с помощью электронных средств обучения? // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)". – 2009. – V.12. – N 3. – С. 430–444 – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v12_i3/html/7r.htm (дата обращения: 10.03.2009).
7. Резник Н.А., Ежова Н.М., Павлов Н.А.. Проект «Старинные часы» на сайте <http://www.vischool.rxt.ru> // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" – 2010. – V.13. – N 3. – С. 387–414. – ISSN 1436-4522. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v13_i3/html/9r.htm (дата обращения 10.10.2010).
8. СВИДЕТЕЛЬСТВО РФ № 2008610777 о государственной регистрации программы для ЭВМ "Обучающий компонент компьютерного инструмента "Матрица"" /Н.А. Резник, Н.А. Павлов // Регистр. 15.02.2008. – М.: Роспатент.
9. Резник Н.А. «Острые углы на старинных часах», «Тупые углы на старинных часах» коллекции «Старинные часы» для формирования умений строить углы на часах с круглым циферблатом [Информационная карта] / Н.А. Павлов, О.П. Карпова, Л.А. Черношеина.– Москва: ВНТИЦ, 2007. – № 50200701498. – 5Мб.
10. Резник Н.А. Методические основы использования визуального мышления в математическом образовании школьника: дис. ... уч. ст. докт. пед. наук. – СПб., 1997. – 500 с.
11. Резник Н.А. Визуальная алгебра. Уравнения и графики. Выпуск 1. №1 «Уравнения прямых», №2 «Модули, гиперболы и параболы», №3 «Числа в уравнениях прямой»: Сборник визуальных дидактических материалов для 6-8 классов.– СПб., ЦПО, «Информатизация образования», 2002. – 84 с.
12. Reznik N., Ivanchuk N., Ezhova N. Developing graphic developing graphic culture of students with the use of computer technologies / Joensuu yliopisto kasvtusteteiden tiedekunan selosteta, University of joensuu belletins of the facultu of education №99. Karl Sormunen (ed.). The Bologna in Scince and Mathematics Higher Educatijn in North Eastern Europe: Tendenciens, Perspectives and Problems – Joensuu ylioristo University of joensuu, 2006. – С. 157-167
13. Резник Н.А., Ежова, Н.М. Серия слайд-фильмов для формирования начальных представлений о линейных преобразованиях графиков элементарных функций «Линейные преобразования параболы и гиперболы» [Электрон. ресурс]. – версия 1.01. Гос. регистрация № 50200700131 (ВНТИЦ). – Мурманск: Визуальная

школа (www.vischool.rxt.ru), 2007. – Электр. программный комплекс, 10 Мб – Систем. требования: Windows 9*, разреш. экрана 800x600, манипулятор-мышь.

14. Резник Н.А., Ежова Н.М., Иванчук Н.В. Формирование графической культуры учащихся с использованием компьютерных средств обучения // Компьютерные инструменты в образовании. – № 6. – 2005. – С. 65–71.

15. Резник Н.А., Ежова Н.М., Иванчук Н.В. Флеш-презентации к статье Н.М. Ежовой, Н.В. Иванчук, Н.А Резник «Формирование графической культуры учащихся с использованием компьютерных средств обучения» [Электр. ресурс] // Компьютерные инструменты в образовании, 2005 – №6. – 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). – Систем. требования: PC не ниже класса Pentium I, Windows 9*, разреш. экрана 800x600, дисковод CD-ROM 2-х и выше, манипулятор-мышь.