

# К ТЕОРИИ ШКОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА МАТЕМАТИКИ: РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ОБУЧАЮЩЕЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

*В статье рассматривается один из аспектов теории школьного электронного учебника – построение дидактического прототипа обучающей экспертной системы.*

*Обучающая экспертная система (ОЭС) рассматривается как средство управления самостоятельной работой учащихся.*

*С позиции обучения учащихся решению задач с развивающими функциями дается сравнительная оценка ОЭС с оптимальным и жестким управлением.*

## 1. Основные понятия

*Искусственный интеллект (ИТ) – раздел информатики, разрабатывающий аппаратно-программные средства, позволяющие пользователю ставить и решать задачи, общаясь с ЭВМ на ограниченном подмножестве естественного языка. В теории искусственного интеллекта сформировались два направления: нейрокибернетика и “кибернетика черного ящика”. Имеет место тенденция их объединения. Активно ведутся исследования в следующих областях: доказательство теорем, модели игр, распознавание образов, использование естественного языка, роботика, экспертные системы, инженерия знаний. Основные этапы развития систем искусственного интеллекта (СИИ) представлены в таблице 1.*

Таблица 1

Годы	Парадигма	Исполнители	Системы
1950	Нейронные сети	Розенблад, Винер, Маккалох	Perceptron
1960	Эвристический поиск	Ньюэлл, Саймон, Шеннон, Тьюринг	GPS
1970	Представление знаний	Шортлифф, Минский, Маккартни	Mycin
1980	Обучающие машины, САПР	Ипат, Холланд, Сэмюэл	EURISCO
1990	ЧПУ, экспертные системы	–	–
2000	Роботы, обрабатывающие центры	–	–

Одним из первых языков логического программирования, используемых при создании СИИ, является язык ПРОЛОГ. Существуют десятки моделей или языков представления знаний различных предметных областей: продукционная модель, семантические сети, фреймы, нечеткие множества, нейронные сети [1; 2; 3; 4; 5; 6].

*Экспертные системы (ЭС)* – программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях с целью консультации менее квалифицированных пользователей. В основе ЭС лежит база знаний (БЗ). Общая структура ЭС включает в себя: БЗ и интерпретатор БЗ, машину вывода с механизмом логического вывода, интерфейс моделирования умозаключений, характерных для человека.

Принцип работы ЭС: пользователь обращается к ЭС, решатель, пользуясь БЗ, генерирует и выдает пользователю необходимую рекомендацию, объясняя ход своих рассуждений.

*Обучающие экспертные системы (ОЭС)* предназначены для изучения конкретного учебного предмета: ОЭС диагностирует ошибки ученика, подсказывает правильные решения.

Исходным этапом разработки ОЭС является создание ее первоначального варианта, эскиза, который в дальнейшем подлежит усовершенствованию как в дидактическом, так и в программно-аппаратном плане. Такой эскиз называется *прототипом ОЭС*. Один и тот же дидактический прототип может быть реализован различными программными средствами, с различной степенью интеллектуализации.

## 2. ОЭС как средство управления самостоятельной работой учащихся

ОЭС особенно необходимы для организации управляемой самостоятельной работы учащихся. Принцип управляемости процесса обучения средствами информационной технологии рассматривается нами как один из ведущих дидактических принципов. Управление процессом обучения может быть *стратегическим и тактическим*. Стратегическое управление выражается в выборе определенной системы и технологии обучения, задающих ту или иную конкретизацию целей, содержания, средств, методов и форм обучения. Процедуры выбора и конкретизации являются важнейшими составляющими управления. Стратегическое управление осуществляется в процессе выбора и конкретизации принципов обучения, обеспечивающих единство, целостность и целенаправленность процесса обучения. Тактическое управление осуществляется внутри определенной системы или технологии обучения и строится с учетом общего их характера и особенностей. По своему стилю управление может быть *авторитарным* (все управленческие функции выполняет ЭУ) и *неавторитарным* (к организации процесса обучения привлекаются учащиеся – самоуправление, педагогика сотрудничества). Примером самоуправления служит предоставление в ЭУ возможности выбора учащимся индивидуальной траектории обучения.

Особую роль играет *оперативное управление*, опирающееся на обратную связь. Обратная связь (от ученика – к ЭУ) дает ученику и учителю информацию о качестве усвоения учебного материала и позволяет своевременно вносить необходимые коррективы в процесс обучения. На основании понятия обратной связи мы выделяем четыре вида обучения: *неуправляемое* (обратная связь отсутствует), *слабо управляемое* (обратная связь используется эпизодически), *оптимально управляемое* (обратная связь осуществляется систематически, но не носит чрезмерного характера) и *жестко управляемое* (обратная связь осу-

ществляется систематически, носит чрезмерный, излишне мелочный характер). Необходимо учитывать, что в психологическом плане чрезмерная опека может раздражать учащихся. В информационной технологии требуется специальная разработка *компьютерного психофизиологического сопровождения учебного процесса*. Педагогика сотрудничества возможна и при компьютерном обучении.

В методике преподавания математики справедливо считается, что эффективное обучение учащихся решению задач представляет собой, прежде всего, *обучение поиску решения задач*. Исходной базой такого обучения может служить методика Д.Пойа, лейтмотивом которой является положение о необходимости привития учащимся (наряду с навыками логического рассуждения) прочных навыков эвристического мышления. Эта методика имеет как своих сторонников (вспомним, например, известного алгебраиста Б.Л. Ван-дер-Вардена), так и противников (не менее крупный математик Даламбер утверждал, что книги, трактующие об искусстве рассуждать, "полезны только для тех, кто может без них обойтись"). Существование диаметрально противоположных точек зрения отражает исключительную трудность проблемы обучения учащихся решению математических задач. За весь существующий период организованного обучения эта проблема так и не нашла сколько-нибудь эффективного решения, способного изменить ситуацию к лучшему. По-прежнему основным методом является обучение учащихся на примерах (образцах) решения задач.

*Интеллектуальные средства поиска решения задач* мы представляем тремя составляющими: качеством знаний, опытом решения задач и эвристическими приемами поиска. В процессе изучения каждой новой темы ученик не овладевает в должной мере ни одной из этих составляющих (хотя бы в силу дефицита учебного времени). Отсюда и следуют известные затруднения. Помощь, которая имеется в традиционных учебниках (в виде отдельных разрозненных указаний в разделе "Ответы и указания"), оказывается совершенно недостаточной. Выход мы видим в разработке электронных учебников, снабженных ОЭС, способных оказать ученику полноценную помощь. Структуру систематической помощи представим следующей таблицей:

Систематическая помощь ученику в проведении поиска решения задач			
Выбор знаний	Эвристические рекомендации, советы, подсказки		Формирование самостоятельного опыта
Помощь 1 типа: актуализация знаний (в форме предположений: нельзя ли воспользоваться тем-то-тем-то)	Помощь 2 типа: рекомендации общего характера (не встречалась ли вам аналогичная задача, обратитесь к такой-то задаче и т.д.)	Помощь 3 типа: конкретные советы и подсказки (проведите медиану треугольника из такой-то вершины, раскройте скобки в выражении и т.д.)	Помощь 4 типа: стимулирование самостоятельности поиска (ученику предоставляется возможность додуматься хотя бы до части решения)

### 3. Разработка ОЭС для учебных задач развивающего характера

Описываемые ниже приемы применены в авторском электронном учебнике геометрии 8 класса (7 класс по структуре 11-летней школы) [7]. В большинстве случаев они ориентированы на решение нестандартных задач, иллюстрируют применение нежестких видов управления, стимулируют развивающий характер обучения. К визуализированным компонентам ОЭС относим "Доску объявлений" (рис. 1), на которой представлен весь перечень учебных задач к параграфу, произведено деление задач на три уровня сложности, обозначено семь возможных траекторий решения задач: задачи могут решаться строго по приведенному порядку либо следуя одной из указанных ниже траекторий обучения.

Геометрия 8 электронный учебник

Содержание Практикум Самостоятельные и контрольные работы Журнал Справка Модели

**ПРАКТИКУМ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ** Задачи делятся по трем уровням сложности (I-III), затем эти задачи распределяются по уровням обучения (базовый, повышенный, углубленный).

Глава I. Основные свойства геометрических фигур

§ 1. Основные свойства точек, прямых и расстояний

§ 1 Параграф § 1 (Петров Петр Петрович) -- Диалоговое окно веб-страницы

Всего задач: 34 из них 1-го уровня 11, 2-го уровня 14, 3-го уровня 9.

Уровень обучения	Задачи							Доступный уровень
Базовый	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7 а)	
	№ 7 б)	№ 8 а)	№ 8 б)	№ 8 в)				
Повышенный	№ 10 а)	№ 10 б)	№ 11 а)	№ 11 б)	№ 11 в)	№ 11 г)	№ 11 д)	Самоконтроль по § 1
	№ 11 е)	№ 11 ж)	№ 9 а)	№ 9 б)	№ 9 в)	№ 9 г)	№ 9 д)	
Углубленный					№ 12 а)	№ 12 б)	№ 12 в)	
	№ 13 а)	№ 13 б)	№ 13 в)	№ 14	№ 15	№ 16		

Траектории обучения

Рис. 1

Геометрия 8 электронный учебник

Содержание Практикум Самостоятельные и контрольные работы Журнал Справка Модели

**ПРАКТИКУМ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ** Задачи делятся по трем уровням сложности (I-III), затем эти задачи распределяются по уровням обучения (базовый, повышенный, углубленный).

Глава I. Основные свойства геометрических фигур

§ 1. Основные свойства точек, прямых и расстояний

§ 1 Параграф § 1 (Петров Петр Петрович) -- Диалоговое окно веб-страницы

Задача № 1

Сколько точек и прямых изображено на рисунке? Назовите прямую АВ иначе. Сколько точек лежит на каждой прямой? Сколько прямых проходит через каждую точку?

Варианты ответов

- Всего: 9 точек и 9 прямых. На каждой прямой лежит 3 точки. Через каждую точку проходит 3 прямые;
- Всего: 9 точек и 8 прямых. На каждой прямой лежит 3 точки. Через каждую точку проходит 3 прямые;
- Всего: 8 точек и 9 прямых. На каждой прямой лежит 3 точки. Через каждую точку проходит 3 прямые;
- Всего: 8 точек и 8 прямых. На каждой прямой лежит 3 точки. Через каждую точку проходит 3 прямые.

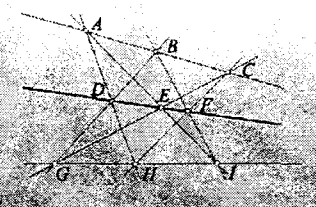


Рис. 2

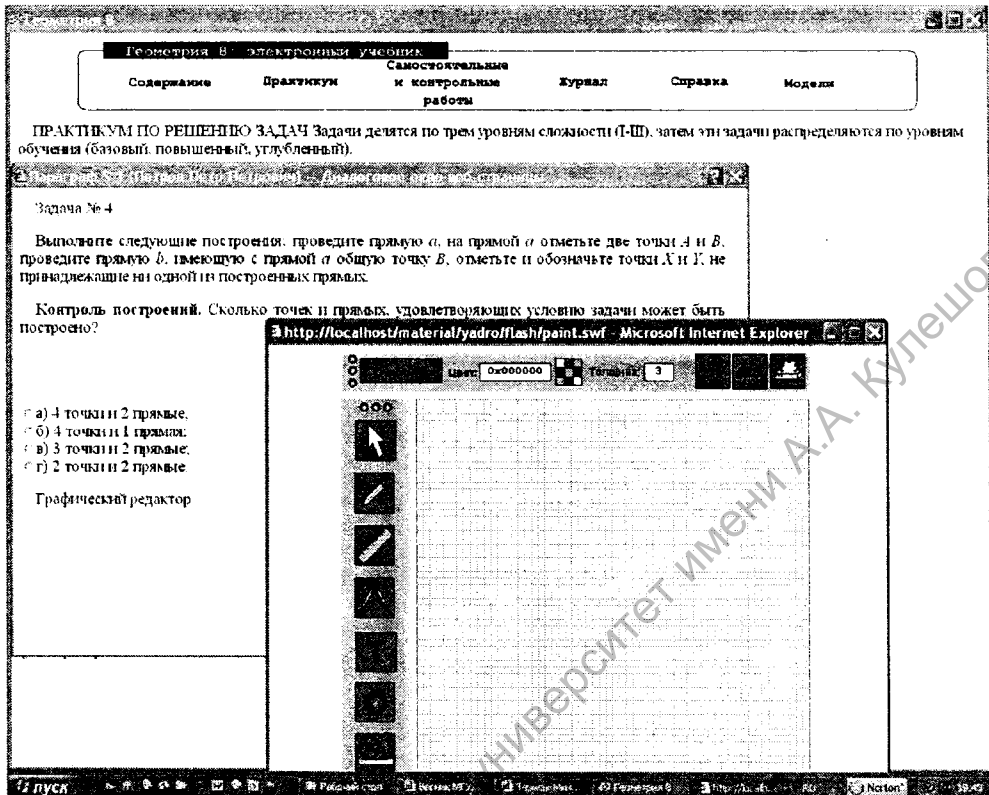


Рис. 3

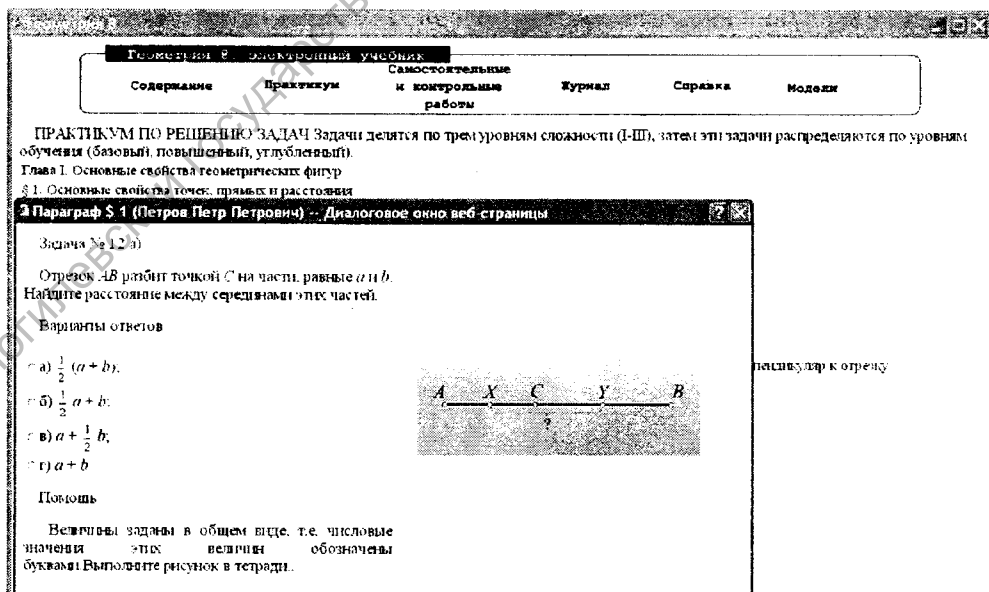


Рис. 4

Геометрия 6. Учебник для учащихся

Содержание    Практикум    Самостоятельные и контрольные работы    Журнал    Справка    Модели

**ПРАКТИКУМ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ** Задачи делятся по трем уровням сложности (I-III), затем эти задачи распределяются по уровням обучения (базовый, повышенный, углубленный).

Глава I. Основные свойства геометрических фигур

§ 1. Основные свойства точек, прямых и расстояний

§ 2. Полнота плоскости и луч

§ 3. Основные свойства измерения и откладывания углов

§ 4. Смежные и вертикальные углы

§ 5. Центральный угол окружности

§ 6. Признаки равенства треугольников

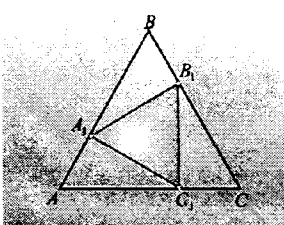
Параграф § 6 (Петров Петр Петрович) -- Диалоговое окно веб-страницы

Задача № 72 н)

Докажите, что если в  $\triangle ABC$   $AB = BC = CA$  и  $AA_1 = BV_1 = CC_1$ , то в  $\triangle A_1B_1C_1$   $A_1B_1 = B_1C_1 = C_1A_1$ .

Варианты промежуточного ответа. Нужно ли для решения задачи устанавливать равенство углов  $\triangle ABC$ ? Нужно ли пользоваться 1-м признаком равенства треугольников?

а) нужно, нужно;  
 б) не нужно, не нужно;  
 в) нужно, не нужно;  
 г) не нужно, нужно.



Перпендикуляр к отрезку

Рис. 5

Геометрия 6. Учебник для учащихся

Содержание    Практикум    Самостоятельные и контрольные работы    Журнал    Справка    Модели

**ПРАКТИКУМ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ** Задачи делятся по трем уровням сложности (I-III), затем эти задачи распределяются по уровням обучения (базовый, повышенный, углубленный).

Параграф § 25 (Петров Петр Петрович) -- Диалоговое окно веб-страницы

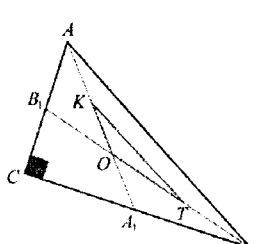
Задача № 166 о)

Постройте прямоугольный треугольник по двум медианам  $m_a = 3$  и  $m_b = 4$ , проведенным к его катетам.

Варианты промежуточного ответа. Воспользуйтесь тем, что медианы треугольника в точке пересечения  $O$  делятся в отношении 2:1, считая от вершины треугольника. Рассмотрите  $\triangle OKT$ , где  $K$  и  $T$  - середины соответствующих отрезков  $OA$  и  $OB$ . Найдите  $KT$ . Для нашего треугольника  $KT$  равно:

а)  $\sqrt{5}$ ;  
 б)  $\sqrt{3}$ ;  
 в)  $2\sqrt{5}$ ;  
 г)  $2\sqrt{3}$ .

Графический редактор



Перпендикуляр к отрезку

§ 25. Примеры более сложных задач на построение

Петров Петр Петрович. Страна пользователя

Рис. 6

Так, траектория “1-1-3” означает, что на одно занятие рекомендуется решить одну задачу первого уровня сложности, одну задачу второго уровня сложности и три задачи третьего уровня сложности (пример наиболее высокой траектории). Номер правильно решенной задачи окрашивается в зеленый цвет. По завершению изучения параграфа учащимся предлагается провести адаптированный самоконтроль (с учетом достигнутых результатов). Существенно, что помощь и контроль в данном проекте обычно совмещаются. На рисунке 2 приведен наиболее типичный пример ОЭС: к задаче 1 прилагается готовый чертеж (заметим, что чертеж является одним из основных средств семантической зрестики), сообщаются четыре варианта ответа, из которых один является правильным. К задаче 4 рисунок не приводится, но предоставляется возможность вызвать графический конструктор и с его помощью выполнить требуемые построения. К задаче 12 а) кроме рисунка и вариантов ответа приводится кнопка “Помощь” (рис. 4). Если ученик правильно решил задачу, то к помощи может не обращаться. В случае затруднения, нажимая эту кнопку, он получит необходимую консультацию, поясняющую, что величины заданы в общем виде и именно эту особенность необходимо учесть при решении задачи. К задачам на доказательство практикуется приведение вариантов промежуточного ответа (рис. 5). Правильный промежуточный ответ с большой долей вероятности гарантирует получение правильного решения задачи.

В ряде случаев для более сложных решений вариантам промежуточного ответа предпосылается конкретное указание (рис. 6), приводятся также варианты двух промежуточных ответов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Башмаков, А.И.** Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: Филинь, 2003.
2. **Костров, Б.В.** Основы искусственного интеллекта / Б.В. Костров, В.Н. Ручкин, В.А. Фулин. – М.: ДЕСС, 2007.
3. **Нильсон, Н.** Искусственный интеллект: Методы поиска решения задач / Н. Нильсон. – М.: Мир, 1973.
4. Приобретение знаний / под ред. С. Осуги, Ю. Сазки. – М.: Мир, 1990.
5. Управление. Информатизация. Интеллект / под ред. А.И. Берга и др. – М.: Мысль, 1976.
6. **Эндрю, А.** Искусственный интеллект / А. Эндрю. – М.: Мир, 1985.
7. Геометрия 8 [Электронный ресурс]. – Электронный учебник геометрии: 8 класс (60,2 Мб) / Научный руководитель профессор Н.М. Рогановский. – Мн.: ИАЦ МО РБ, 2008. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).