

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт естественных и точных наук  
Факультет математики, механики и компьютерных технологий  
Кафедра прикладной математики и программирования  
Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н.,  
доцент

\_\_\_\_\_/ А.А.Замышляева  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Разработка и исследование алгоритмов формирования индивидуальной  
образовательной траектории в системе электронного обучения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–01.03.02.2019.65.ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент

\_\_\_\_\_/Т.Ю. Оленчикова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы

Студент группы ЕТ-412

\_\_\_\_\_/ С.А. Харлов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер, ассистент

\_\_\_\_\_/ Н.С. Мидоночева  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Челябинск  
2019

## АННОТАЦИЯ

Харлов С.А. Разработка и исследование алгоритмов формирования индивидуальной образовательной траектории в системе электронного обучения. –

Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-412, 50 с., 24 ил., 15, табл., библиогр. список – 32 наим., 2 прил.

Цель данной работы – разработка и исследование алгоритмов индивидуальной образовательной траектории в системе электронного обучения, которые могут применяться в образовательных учреждениях для оптимизации учебного процесса. В рамках работы были приведены алгоритмы количественной оценки зоны ближайшего развития, уровня начальных и учебных достижений. На основе этих алгоритмов была спроектирована электронная система, с помощью которой были проведены экспериментальные исследования на учениках Челябинских школ и лицеев.

В первом разделе описана предметная область, сделаны обзоры существующих систем электронного обучения.

Во втором разделе описана математическая модель адаптации системы под ученика.

В третьем разделе разработаны алгоритмы формирования индивидуальной образовательной траектории и приведен пример работы программы.

В четвёртом разделе приведены результаты эксперимента.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 7  |
| 1 ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОНОГО ОБУЧЕНИЯ .....   | 8  |
| 1.1 Исследование подходов описания зоны ближайшего развития.....   | 8  |
| 1.2 Методы количественной оценки и измерения уровня подготовленности.....                                    | 10 |
| 1.3 Исследование систем электронного обучения и их модельного обеспечения .....                              | 15 |
| 1.4 Постановка задачи.....   | 19 |
| 1.5 Вывод по разделу .....   | 19 |
| 2 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ..... | 21 |
| 2.1 Модель определения уровня начальных знаний.....  | 21 |
| 2.2 Разработка алгоритма оценки зоны ближайшего развития .....   | 23 |
| 2.3 Расчёт учебных достижений .....  | 26 |
| 2.4 Вывод по разделу .....   | 28 |
| 3 РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ .....   | 29 |
| 3.1 Основной алгоритм программы.....   | 29 |
| 3.2 Алгоритм определения уровня начальных знаний.....  | 30 |
| 3.3 Пересчёт зоны ближайшего развития при прохождении нового теста....                                       | 31 |
| 3.4 Схема и таблицы базы данных.....   | 32 |
| 3.5 Пример работы программы .....  | 35 |
| 3.6 Вывод по разделу .....   | 39 |
| 4 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И АНАЛИЗ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ.....  | 40 |
| 4.1 Методика эксперимента .....  | 40 |
| 4.2 Результаты эксперимента .....  | 41 |
| 4.3 Вывод по разделу .....   | 45 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 46 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....  | 47 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....   | 51 |

|   |    |
|---|----|
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пример контента разного уровня сложности ..... | 51 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Текст программы .....                          | 56 |

## ВВЕДЕНИЕ

Первые школы появились ещё в древнем Египте, именно тогда люди совершили серьёзный шаг в развитии всего человечества. Как можно представить себе передачу знаний в то время? Ответ на этот вопрос напрашивается сам собой, примерно так же, как и сейчас. Со временем общество развивалось, вместе с ним и развивалось образование, оно стало доступным, появляются новые подходы к объяснению материала. Благодаря образованию человечество смогло накапливать знания и на основе этих накоплений совершать новые открытия. Но кардинального различия между процессом обучения того времени и наших дней нет. Сейчас общество и технологии развиваются семимильными шагами, и это даёт возможность поменять столь долгоживущие подходы к обучению. Во всём мире нет двух одинаковых учеников, нельзя объяснить материал так, чтобы всем было понятно. Люди, в зависимости от их особенностей, по-разному воспринимают информацию. На сегодняшний день технологии позволяют встать образованию на новую ступень, когда каждый школьник или студент сможет получить объяснение, которое будет понятно ему, с помощью систем электронного обучения, подстраивающихся под ученика, адаптирующиеся под его особенность и в зависимости от определённых индикаторов выдают то или иное объяснение или задание.

Данная тема актуальна в области образования. Она может быть полезна как среднеобразовательным учреждениям, так и высшим учебным заведениям. Целью работы является разработка и исследование алгоритмов формирования индивидуальной образовательной траектории. Для её достижения были поставлены такие задачи как: исследование методов оценки уровня знаний, разработка алгоритмов для оценивания, реализация приложения, проведение эксперимента и анализ его результатов.

# 1 ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОНОГО ОБУЧЕНИЯ

## 1.1 Исследование подходов описания зоны ближайшего развития

Теория о зонах развития создана в 30-х годах двадцатого века отечественным ученым Л.С. Выготским. «Зона ближайшего развития (ЗБР) – это расстояние между зонами актуального (ЗАР) и достижимого (ЗДР) развития, первая определяется с помощью заданий, решаемых самостоятельно, вторая определяется с помощью заданий, решаемых с оказанием помощи...» [1].

Актуальными, на сегодняшний день, остаются практические вопросы, которые связаны с количественной оценкой ЗБР.

Автор теории предложил диагностировать ЗБР следующим образом. Дать ученику цепь из сложных для него тестов, пока ученик самостоятельно справляется с заданиями – он находится в ЗАР, как только встречаются трудности, ученик может воспользоваться подсказками, он переходит в ЗБР. После полного прохождения всех тестов с помощью объёма помощи рассчитывалась находилось ЗБР [2].

Примерно в 70-ые годы двадцатого века в ходе экспериментов было установлено, что обучаемость пропорциональна ширине ЗБР. В этих экспериментах был разработано множество методик, предназначенных на изучение обучаемости. Одними из авторов этих методик были: Н.И. Гуткина, А.С. Кауфман, Т.В. Розанова, А.Я. Иванова.

Из более современных исследований интерес вызывает метод динамического оценивания D.Tzuriel's, позволяющий оценить ЗБР. В основе стоит динамический тест. Вместе с оценкой ЗАР ребенка присутствует потребность моделировать обстоятельства, где учитель обучает ребёнка с помощью подсказок или позволяет ребенку самостоятельно работать с трудными заданиями. При этом способности ребенка работать с трудным

материалом располагается в ЗБР. Метод динамического оценивания складывается за четырёх этапов [3]:

- 1) выясняет, ясна ли ученику задача;
- 2) определение ЗАР;
- 3) третья фаза, ЗБР;
- 4) оценка итогов обучения.

Текущий метод предназначен для оценки математических способностей у детей школьного возраста. Тесты различаются друга от друга различной экспериментальной базой и направлением на изучение сформированных различных мыслительных процессов (умение работать по образцу, умение выделять закономерности и т. д.). Итогом является балл, который рассчитывается исходя из результатов контрольно-проверочных мероприятий и подсказок, которые были даны ученику. Метод измерения по D.Tzuriel's стоит воспринять как количественный метод оценки ЗБР.

Рассмотренные методы можно охарактеризовать следующим образом:

- 1) возраст учеников лежит в диапазоне от 3-х до 18 лет;
- 2) даёт возможность найти ЗАР и ЗБР;
- 3) даёт возможность сравнивать ЗБР разных учеников и давать оценку их обучаемости;
- 4) не даёт возможность охарактеризовать ЗБР.

Авторы, обозреваемых выше, методов оценки ЗБР являются специалистами в психологии. Анализ их работ позволяет подробнее изучить ЗБР и найти основу для построения строгих математических моделей.

В зарубежной работе [4] обучение складывается с использованием технологии обучения «скаффолдинг» (от англ. scaffolding – строительные леса). Термин «скаффолдинг», предложенный психологами и педагогами J. Bruner, D. Wood и G. Ross, в контексте педагогики описывает процедуру обучения в ЗБР, о которой говорил Л.С. Выготский. Авторы статьи [4] обращают внимание на изменение РАЗ на каждом шаге обучения. Эта оценка используется для формирования дальнейшей траектории обучения. Если ЗАР

не достигла проходного значения, оказывается дополнительное обучение для более чёткого понимания материала, в ином случае даётся новая порция материала. Однако данный подход не предлагает варианты формализации ЗБР.

Коллектив авторов [5] в ходе создания образовательных систем предлагает опираться на следующий факт. Если ученик идеально справляется с задачами с уровнем трудности , то он с вероятностью 80% сможет решить задачи на 20% труднее [6, 7]. В статье [5] приводится модель, показывающая развитие индивида через ЗБР (см. рисунок 1.1).

Это модель обладает следующими недостатками, а именно, направление в развитии на эталонный уровень (идеальное решение или «чемпионский» уровень) и фиксированная ширина ЗБР, что противоречит идеям индивидуального обучения и концепции Л.С. Выготского.

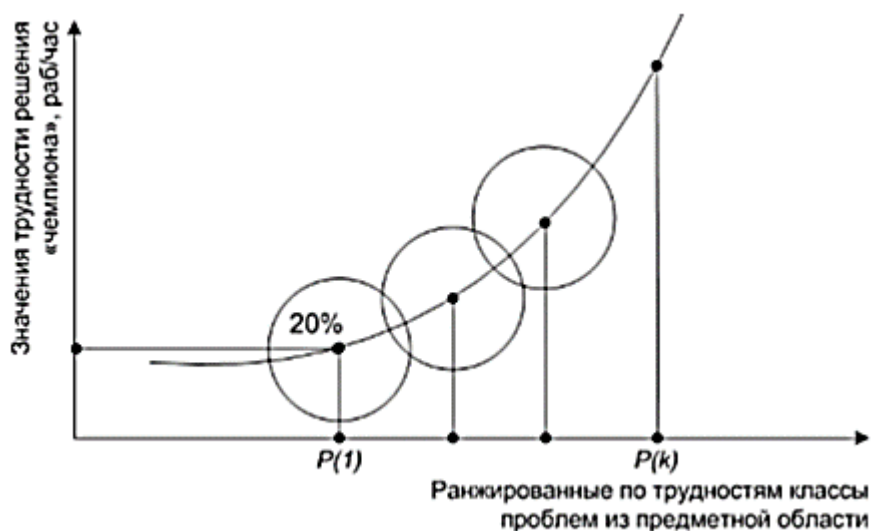


Рисунок 1.1 – Модель развития испытуемого через ЗБР (по Н.К. Нуриеву)

## 1.2 Методы количественной оценки и измерения уровня подготовленности

Уровень зоны актуального развития (ЗАР) является интегральным показателем.



Методы оценки ЗАР в зависимости от способа вычисления показателя разделяются следующим образом:

- 1) количественных критериев;
- 2) вероятностных критериев;
- 3) классификационных таблиц.

Первый метод характеризуется следующим образом – диапазон значений некоторой величины разделяется на диапазонов. Всем диапазонам сопоставляется целочисленная оценка . Величина может вычисляться с помощью разных алгоритмов, учитывая различные параметры. После чего рассчитывается диапазон, который содержит , и устанавливается ЗАР .

ЗАР можно определить с помощью тестов, существует два разных подхода – классическая тестология и современная теория моделирования и параметризации педагогических тестов (IRT). Классическая тестология использует следующее соотношение [8, 9]:

где – наблюдаемый тестовый балл;

– неизвестный истинный тестовый балл  $i$ -го испытуемого;

– ошибка измерения для  $i$ -го испытуемого.

Чтобы вычислить , , и используется статистика, а именно: регрессионный анализ, дисперсионный анализ и ковариационный анализ.

Подход классической тестологии наглядный и простой в понимании. Недостатком классической теории является то, что первичный тестовый балл рассматривается как ЗАР. Корректнее же считать первичный балл индикатором, который будет учтено в расчёте ЗАР. Классическую тестологию ограничивают следующие аспекты [8]:

- 1) уровня трудности тестовых заданий напрямую зависит от подготовленности ученика и наоборот;
- 2) отсутствие линейности в шкале измерения уровня подготовленности.

В 60-ые годы появилась IRT – современная теория моделирования и параметризации педагогических тестов, это время принято считать важным периодом в развитии тестологии. Причиной создания IRT была потребность найти сопоставимую меру ЗАР обучающегося и меру уровня трудности тестовых заданий [10].

В IRT-моделях ЗАР является латентной переменной. Переменная, недоступная для обращения, создаёт необходимость разработки её описания в виде набора измеряемых индикаторных переменных. Для удобства введём формальную единицу измерения – логит, которая будет мерой ЗАР. Тестовые задания – являются индикаторами при выявлении ЗАР.

Значения латентных переменных можно оценивать следующим образом [8, 11]:

- 1) индикаторным переменным сопоставляются коэффициенты значимости, с помощью экспертов;
- 2) производится нормирование индикаторных переменных;
- 3) сумма взвешенных значений индикаторных переменных является значением интегрального показателя;
- 4) выполняется ранжирование объектов в соответствии со значением интегрального показателя.

IRT-модели не имеют ограничения, которые присутствуют в классической тестологии, а традиционный метод вычисления переносит ряд преимуществ [12 – 14]:

- 1) оценка ЗАР испытуемых не зависит от сложности набора тестов и, наоборот;
- 2) ЗАР и уровня трудности тестовых заданий измеряются одной и той же единицей измерения;
- 3) возможность использовать статистику;
- 4) нет необходимости в полном прохождении тестов (можно использовать эту характеристику в качестве индикатора).

Для того, чтобы создать объективную шкалу измерения латентных переменных, необходимо проанализировать больше количество тестовых результатов. На каждый индикатор не менее двадцати [15]. Необходимость накопления большой тестовой выборки является недостатком рассматриваемой модели.

Каждая IRT-модель использует функцию  $P_i(\theta, \delta)$ , которая выражает вероятность успеха  $i$ -го обучающегося с ЗАР  $\theta$  при выполнении  $i$ -го тестового задания, с уровнем трудности  $\delta$ .

Двухпараметрическая модель А. Бирнбаум вводит параметр, отвечающий за наклон характеристической кривой. Логистическая функция для модели А. Бирнбаума [16] выглядит следующим образом:

$$P_i(\theta, \delta) = \frac{1}{1 + e^{-\beta(\theta - \delta)}}$$

где  $\beta$  – дифференцирующая способность  $i$ -го тестового задания (индикатора).

Развитием модели стала модификация логистической функции добавлением параметра угадывания [17]:

$$P_i(\theta, \delta) = \frac{1}{1 + e^{-\beta(\theta - \delta) - \gamma}}$$

где  $\gamma$  – параметр угадывания правильного ответа на  $i$ -е тестовое задание.

Модели А. Бирнбаума оказываются непригодными для применения на практике (см. рисунок 1.2).

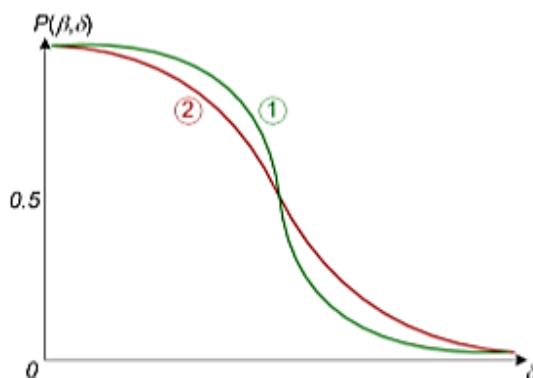


Рисунок 1.2 – Характеристическая кривая двухпараметрической модели А.Бирнбаума

На рисунке 1.2 приведены характеристические кривые двух испытуемых с разным уровнем подготовленности ( ), но при этом кривые пересекаются.

Отечественный исследователь В. Аванесов совершил попытку по усовершенствованию трехпараметрической модели путем введения дополнительного параметра для увеличения согласованности эмпирических и теоретических данных:

---

где – валидность тестового задания.

Однако это не исключает случай пересечения кривых.

Таким образом, IRT-модели, использующие соотношения, искажают смысл латентной переменной «уровень подготовленности», из-за чего их нельзя использовать в практических целях [12, 17].

Выше были рассмотрены методы, которые представляют ЗАР как латентную переменную. Существует альтернатива формализация ЗАР, использующая аппарат нечетких множеств. Для его использования следует ввести лингвистические переменные (ЛП) индикаторов уровня подготовленности, заданные на нечетких множествах. Тогда методику оценки ЗАР можно представить в виде нескольких этапов [18]:

- 1) формирование функций принадлежности ЛП индикаторов, характеризующих ЗАР обучающегося;
- 2) разработка продукционной модели базы знаний в виде нечетких правил.

С этой точки зрения подход на основе нечетких множеств обладает рядом недостатков:

- 1) вместо измерения выполняется оценивание величины;
- 2) ничего нельзя сказать о валидности ЛП;

3) отдельного исследования требует вопрос проверки адекватности нечеткой модели [19, 20].

### 1.3 Исследование систем электронного обучения и их модельного обеспечения

Человек является сложным объектом с психологической точки зрения, ему свойственна неопределённость поведения. Учитывая это, обеспечение достаточной вариативности обучающей траектории и построение эффективного управления невозможно без введения в систему контуров адаптации [21].

Выделяют несколько классов модельного обеспечения систем электронного обучения (СЭО), которые определяют степень адаптации обучения:

- 1) общая модель системы «обучающийся – СЭО»;
- 2) модель предметной области;
- 3) модель обучающегося;
- 4) модель процесса обучения;
- 5) модель контроля.

С технологической точки зрения выделяют пять классов моделей обучающегося:

- 1) оверлейные;
- 2) нейросетевые;
- 3) разностные;
- 4) стереотипичные;
- 5) имитационные.

Чаще всего на практике используют оверлейные сетевые модели [4].

Модель обучения, прежде всего, определяется методом управления процессом обучения, моделью адаптации, методом формирования учебных и контролирующих воздействий.

Самыми гибкими считаются модели с динамической стратегией обучения. При этом должно обеспечиваться формирование оптимальной траектории обучения. Недостатком этих методов является однокритериальное решение задачи оптимизации образовательной траектории.

В основу классификации положен процесс управления образовательной траекторией (рисунок 1.3).

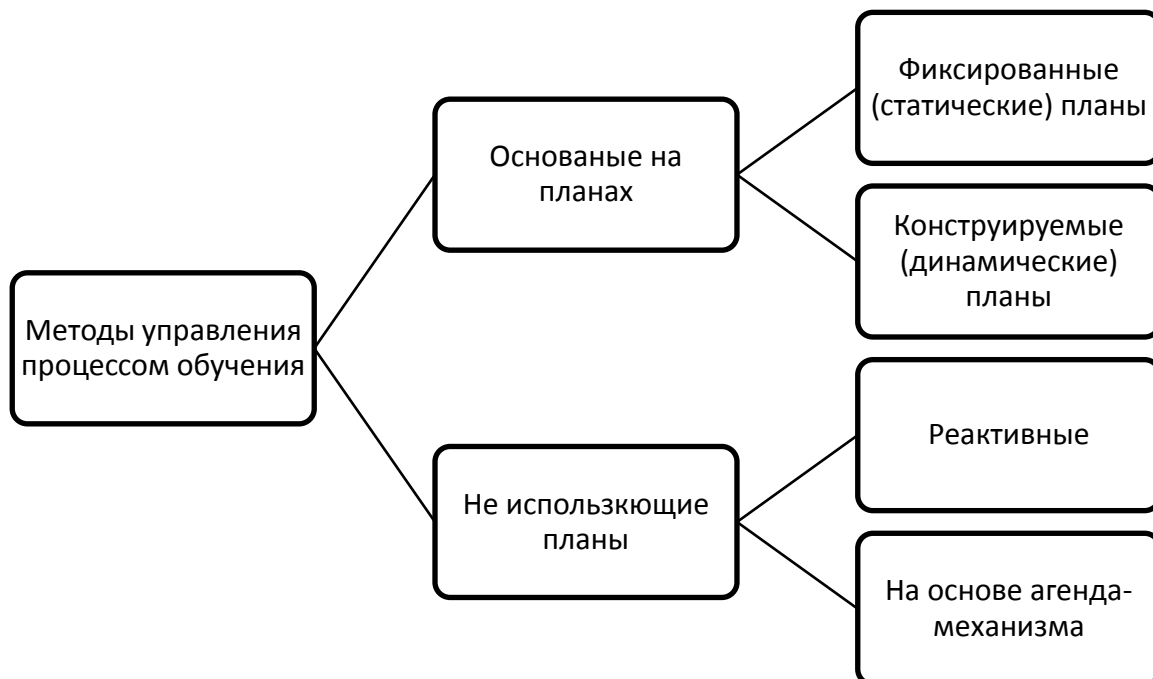


Рисунок 1.3 – Классификация методов управления процессом обучения

Реактивный метод обучения используется на готовом наборе учебного контента. Учитель анализирует работу ученика, то есть его ответы на тест, после чего выбирает, по какому из уже смоделированных путей пойдёт ученик. Недостатком этого подхода является то, что не учтена цель обучения, а значит, траекторию обучения нельзя считать оптимальной.

Агенда – динамический упорядоченный список задач [23]. Очередность задач определяется целью обучения. Список задач моделируется на основе эвристических методов – правил логического вывода, индукции, дедукции, анализа, сравнения, синтеза. Главная проблема этого метода состоит в разработке эвристических правил. При этом в агенде содержится следующая

особенность – выполнение одной задачи может вызвать исключение из агенды ряда других задач [23]. Метод управления процессом обучения на основе агенда-механизма используется при разработке интеллектуальных обучающих систем.

Существуют плановые методы управления процессом обучения, в этих моделях используется понятие плана обучения, который задаёт порядок учебному контенту и контрольно-измерительных материалов. Статические планы проводят обучающегося по уже полностью сформированной траектории, без отклонений. Динамический, или конструируемый, план строится на основе имеющегося списка тем учебного курса и их отдельных частей.

С технологической точки зрения, рассмотренные выше методы управления процессом обучения могут быть реализованы на основе теории автоматов, вероятностного подхода, интеллектуальных технологий или теории управления.

Контроль в данном контексте системы электронного обучения – это процесс оценивания уровня ЗАР ученика. Формально модель контроля – функциональные зависимости, которые обеспечивают связь результата выполнения контрольно-проверочных мероприятий с текущим ЗАР обучающегося.

На сегодняшний день рынок образовательного программного обеспечения весьма велик. Из него можно выделить:

- 1) системы электронного обучения, построенные на основе интеллектуальных или иных технологий;
- 2) системы управления обучением (Learning Management System, LMS), электронные тренажеры и прочее;
- 3) MOOC-платформы (от англ. massive open online course, MOOC).

Существуют системы управления обучением, такие как Moodle и eFront которые позволяют создать целые курсы и организовывать процесс обучения [24]. Преимуществами таких систем является гибкий функционал,

который позволяет устанавливать зависимости между блоками курса, вести статистику выполнения задний учебного контента, что и является адаптацией обучения. Обычно такие системы построены на основе открытой архитектуры и соответствуют современным стандартам электронного обучения (SCORM, TinCan-API, IMS) [25]. Путем разработки дополнительных плагинов возможно реализовать адаптивное построение структуры учебного курса [26].

Существуют системы для организации массовых открытых онлайн-курсов, например, проекты Coursera, edX или Универсариум, предоставляющих универсальный доступ к учебным курсам ведущих высших учебных заведений. Адаптивность заключается в том, что ученики сами могут составить себе график обучения.

Платформа 1С-Образование позиционируется как среда для разработки и использования унифицированных учебных курсов. Внутренние механизмы платформы обеспечивают контроль над успеваемостью учащихся и позволяют внести в процесс электронного обучения элемент геймификации путем создания интерактивных тренажеров [27]. Платформа 1С-Образование является платформой с закрытым исходным кодом и не предоставляет доступ к используемым моделям и методам.

Обзор современных систем электронного обучения, их модельного обеспечения позволил выявить некоторые недостатки.

1. Обычно определение уровня ЗАР происходит на основе ограниченного набора показателей учебной деятельности (тестовых заданий).
2. Переходы на следующий шаг обучения организованы так, что ученику необходимо преодолеть условное пороговое значение уровня усвоения учебного материала.
3. Задания разделены на 2 или 3 уровня сложности.
4. Использование линейной и бинарной логики для создания алгоритма адаптивного обучения.



5. Не все системы электронного обучения соответствуют современным нормам электронного обучения.

Наличие этих недостатков сильно ограничивает вариативность образовательных траекторий.

В настоящее время не созданы решения, которые были бы полностью лишены выявленных недостатков.

#### 1.4 Постановка задачи

Целью данной работы является разработка и исследование алгоритмов формирования индивидуальной траектории обучения.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1) изучить существующие математические модели и алгоритмы индивидуального обучения;

2) рассмотреть алгоритмы формирования образовательной траектории по динамическим планам;

3) разработать методы и алгоритмы расчёта уровня начальных знаний, зоны ближайшего развития и уровня актуального развития;

4) разработать приложение для обучения по индивидуальной образовательной траектории;

5) разработать базу данных;

6) разработать методику эксперимента и провести исследование предложенных алгоритмов.

#### 1.5 Вывод по разделу

В данном разделе проведён разбор понятия ЗБР, рассмотрены различные подходы к её описанию, выявлены недостатки разных методов.

Рассмотрены достоинства и недостатки классической тестологии, выявлена непригодность применения на практике некоторых моделей оценки ЗАР.

Проанализированы существующие системы электронного обучения, такие как Coursera, edX, Универсариум, продукт компании 1С, их модельное обеспечение, рассмотрены разные модели обучения, выявлена их степень адаптации, проанализированы недостатки и достоинства этих систем.

В работе принято решение использовать модель обучения по динамическим планам с оценкой уровня подготовленности учащегося по результатам тестирования, что особенно удобно в электронных системах обучения.

## 2 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ

### 2.1 Модель определения уровня начальных знаний

Для определения уровня начальной подготовки будем использовать однопараметрическую модель Г. Раша.

Однопараметрическая модель Г. Раша использует логистическую функцию вида [28], которая представляет собой вероятность решения задания:

---

где  $\beta$  – уровень подготовленности  $i$ -го обучающегося;  
 $\delta$  – уровень трудности  $j$ -го задания.

На рисунке 2.1 приведена характеристическая кривая логистической функции.

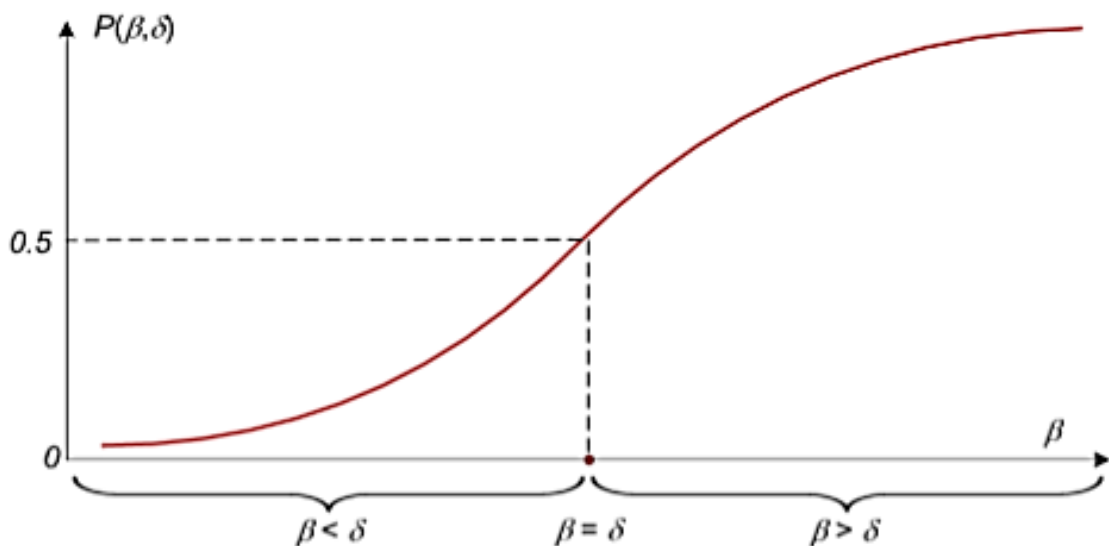


Рисунок 2.1 – Характеристическая кривая однопараметрической модели Г. Раша

Из рисунка видно, что, когда вероятность правильного ответа равна 50%, можно сделать вывод о начальном уровне знаний ученика и он будет равен сложности задания.

На рисунке 2.2 изображено сравнение характеристических кривых двух учеников, которые имеют разные уровни подготовленности.

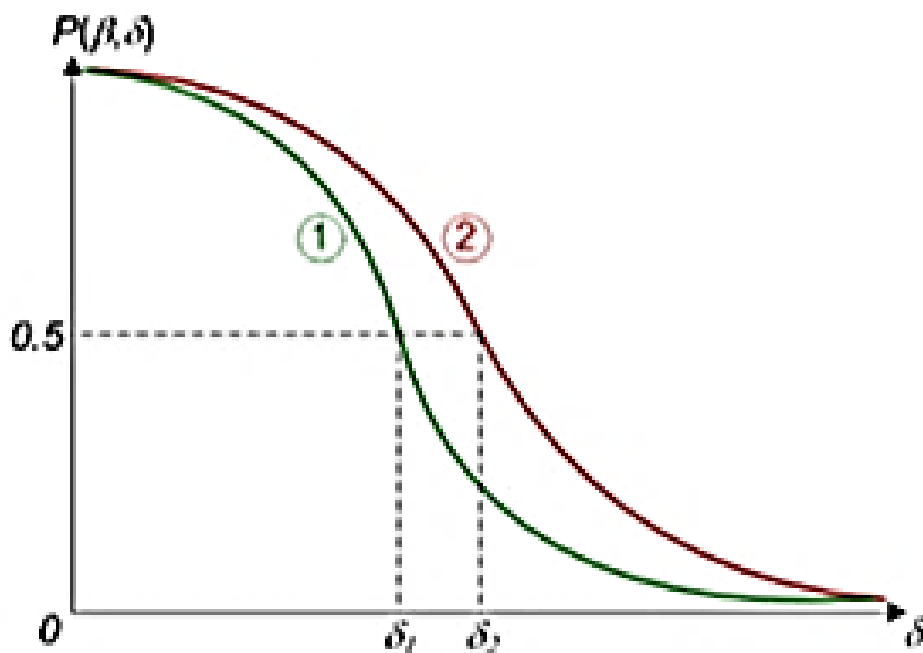


Рисунок 2.2 – Сравнение учеников с разным уровнем подготовленности

На рисунке 2.2 ( ) видно, что ученик с более высоким уровнем подготовленности лучше справится с заданием сложности , выше вероятности успеха более слабого ученика на любом участке шкалы: , что не противоречит смыслу измеряемого уровня подготовленности.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что вероятностная модель Г. Раша является наиболее подходящей для измерения уровня подготовленности.

## 2.2 Разработка алгоритма оценки зоны ближайшего развития

Адаптивное обучение, опирающееся на ЗБР. В связи с этим введем формализованное выражение цели обучения с учетом ЗБР, отталкиваясь от модели роста учебных достижений обучающегося рисунок 2.3.

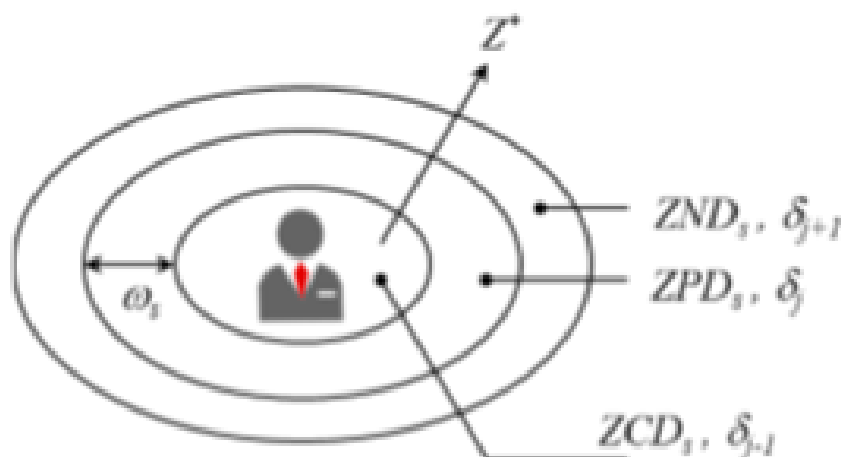


Рисунок 2.3 – Модель роста учебных достижений

где  $Z^*$  – цель обучения;

$\omega_j$  – шаг обучения;

$ZND_{j, \delta_{j+1}}$  – зона актуального развития;

$ZPD_{j, \delta_j}$  – зона ближайшего развития;

$ZCD_{j, \delta_{j-1}}$  – зона достижимого развития;

$\delta_j$  – ширина ЗБР;

$\delta_{j-1}$  – уровень трудности материала в соответствии с зонами развития.

Пусть процесс обучения состоит в порцианальном освоении материала различной трудности  $\delta_j$  и сопровождается увеличением  $ZAR_j$  (ЗАР) обучающегося. Текущее положение обучающегося отражает ЗАР, на этом уровне ученик самостоятельно осваивает материал и решает задачи с уровнем трудности, не превосходящим  $\delta_j$ . Из ЗАР доступна ЗБР, освоив которую, обучающийся «превращает» ее в ЗАР, и так до тех пор, пока не будет освоена цель обучения. В свою очередь, на ЗБР освоение материалов

предметной области и решение задач трудности происходит с использованием разных видов помощи [29].

Предлагается следующий подход к формализации понятия ЗБР. На концептуальном уровне в работах Л.С. Выготского ЗБР определяется как расстояние между ЗАР и ЗДР [30]. Исходя из этого, ЗБР на каждом шаге обучения выразим в виде интервала [31]:

$$(2.1)$$

где  $\Delta Z_{BR}$  – ширина ЗБР для  $n$ -го шага обучения;  
 $Z_{AR}$  – ЗАР, соответствующий  $n$ -му шагу обучения.

Для сопоставления порогу численного значения предлагается использовать тезис о том, что  $Z_{BR}$  пропорциональна уровню подготовленности [32]. Тогда:

$$Z_{BR} = k \cdot Z_{AR} \quad \text{или} \quad Z_{BR} = k \cdot Z_{DR}, \quad (2.2)$$

где  $Z_{AR}$  и  $Z_{DR}$  – ЗАР на  $n$ -м и  $s$ -м шагах обучения;  
 $\Delta Z_{BR}$  – ширина  $Z_{BR}$  на  $s$ -м шаге;  
 $k$  – коэффициент пропорциональности.

Выражая уровень подготовленности на очередном шаге обучения через начальный уровень подготовленности  $Z_0$ , получаем:

$$(2.3)$$

Путем подстановки соотношения (2.3) в (2.2) получаем:

$$\Delta Z_{BR} = k \cdot Z_{AR} - Z_{AR} \quad (2.4)$$

С помощью свойств логарифмов заменим:

$$(2.5)$$

Выразив величину  $Z_{AR}$  из (2.4) с использованием замены (2.5) получим:

$$(2.6)$$

В формуле (2.6) величина  $Z_{BR}$  имеет экспоненциальный характер и интерпретируется как верхняя граница зоны ближайшего развития на  $n$ -м шаге

обучения, за которую не следует выходить при предъявлении очередной порции объектов учебного контента. Другими словами, уровень трудности материалов, предъявляемых на  $n$ -м шаге обучения, не должен превышать верхнюю границу ЗБР, соответствующую этому шагу.

Воспользуемся выкладками из работы [33], получим уравнение, которое описывает взаимосвязь между уровнем ЗАР и ЗБР:

$$(2.7)$$

где  $\beta$  – ширина ЗБР;

$\beta_0$  – ширина ЗБР при  $\omega = 0$  логитов (т. е. при среднем уровне подготовленности);

$k$  – константа, определяющая скорость роста ЗБР в зависимости от достигнутого уровня подготовленности.

Уровень подготовленности находится в диапазоне  $[-6; 6]$  логитов.

Коэффициенты  $\beta_0$  и  $k$  были посчитаны в работе [33] опытным путем и они численно равны 0,27 и 0,26.

График роста ЗБР, приведенный на рисунке 2.4, соответствует представлению о том, что, чем ниже уровень подготовленности, тем ниже потенциальные возможности по обучению, а значит уже ЗБР ( ).

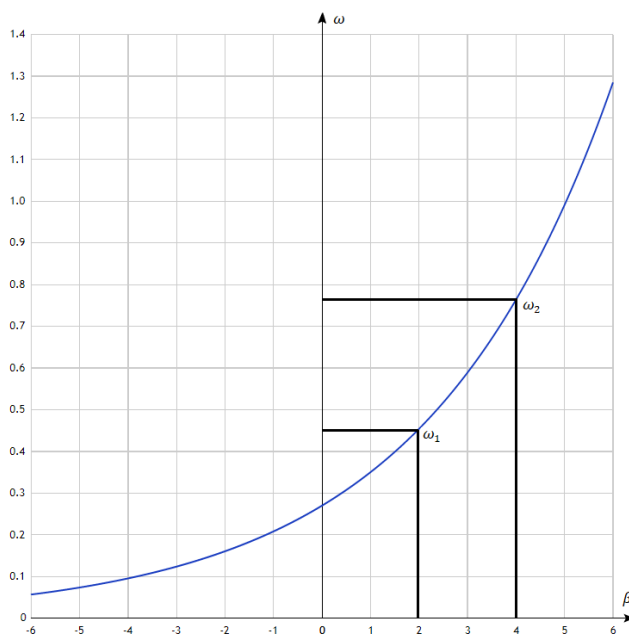


Рисунок 2.4 – Модель зоны ближайшего развития с параметрами

Таким образом, для формирования образовательной траектории принята следующая модель ЗБР:

(2.8)

### 2.3 Расчёт учебных достижений

Расчёт ЗАР будет производиться после прохождения очередного теста, который следует за теорией, с помощью следующих индикаторов:

- 1) время для ответа на вопрос;
- 2) количество пропущенных заданий в тесте;
- 3) количество использований подсказок;
- 4) уровень подсказок (будет несколько подсказок, если первая не помогла решить задачу, можно воспользоваться следующей, более конкретной и т. д.).

Для каждого теста будут установлены свои нормы прохождения, как в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Пример параметров теста

| Номер теста | Сложность теста | Время |    |      | Пропущенные |    |      | Подсказки |    |      | Уровень подсказок |    |      |
|-------------|-----------------|-------|----|------|-------------|----|------|-----------|----|------|-------------------|----|------|
|             |                 | мин   | ср | макс | мин         | ср | макс | мин       | ср | макс | мин               | ср | макс |
| 3           | 2               | 15    | 25 | 35   | 0           | 1  | 3    | 0         | 2  | 4    | 1                 | 1  | 3    |
| 10          | -2              | 10    | 13 | 16   | 0           | 4  | 7    | 0         | 5  | 7    | 1                 | 2  | 4    |

Если время оказалось меньше минимального (больше максимального), будем считать, что ученик справился за минимальное (максимальное) время, так же поступим с другими индикаторами.

После того как мы получили данные, нормализуем их следующим образом:



$$\frac{\frac{I_{ij}}{I_{ij}^{\max}} - I_{ij}^{\min}}{I_{ij}^{\max} - I_{ij}^{\min}} \cdot K_{ij}}{\sum_{j=1}^n \frac{I_{ij}}{I_{ij}^{\max}} - I_{ij}^{\min}} \cdot K_{ij}} \quad (2.9)$$

где  $I_{ij}$  – нормализованный индикатор;

$I_{ij}^{\max}$  – данные полученные из теста;

$I_{ij}^{\min}$  – минимальное,  $I_{ij}^{\text{ср}}$  – среднее,  $I_{ij}^{\max}$  – максимальное значение индикатора для конкретного теста;

$K_{ij}$  – коэффициенты значимости, заданные для каждого индикатора, смотри таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – коэффициенты нормализации индикаторов

| Название индиктора             |     |     |
|--------------------------------|-----|-----|
| Время прохождения              | 0,2 | 0,3 |
| Количество пропущенных заданий | 0,2 | 0,2 |
| Количество подсказок           | 0,2 | 0,3 |
| Уровень подсказок              | 0   | 0,2 |

Изобразим графически полученный результат, рисунок 2.5.



Рисунок 2.5 – Диаграмма индикаторов

Расчитаем уровень текущий достижений по следующей формуле:

---

где – показание индикатора времени;

– показание индикатора пропущенных заданий;

$s$  – показание индикатора уровня подсказок;

– показание индикатора использования подсказок;

– вероятность правильного ответа в текущем тесте;

– сложность теста.

После прохождения теста ученик может:

1) снова пройти теорию, на более низком уровне объяснении материала, если тест был сдан с низкими показателями;

2) перейти в следующий раздел, на это же уровне, если он показал средний результаты;

3) ученик перейдёт в следующий раздел, при этом поднимется на уровень выше, где теория будет написана более кратко и задания будут более сложные.

#### 2.4 Вывод по разделу

В данном разделе рассмотрена математическая модель динамического формирования индивидуальной образовательной траектории на основе оценки уровня актуальных знаний.

Приведена зависимость между ЗАР и шириной ЗБР, выбраны индикаторы, с помощью которых будет производиться оценка результатов тестов, предложена модель оценки ЗАР на каждом шаге обучения.

## 3 РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

### 3.1 Основной алгоритм программы

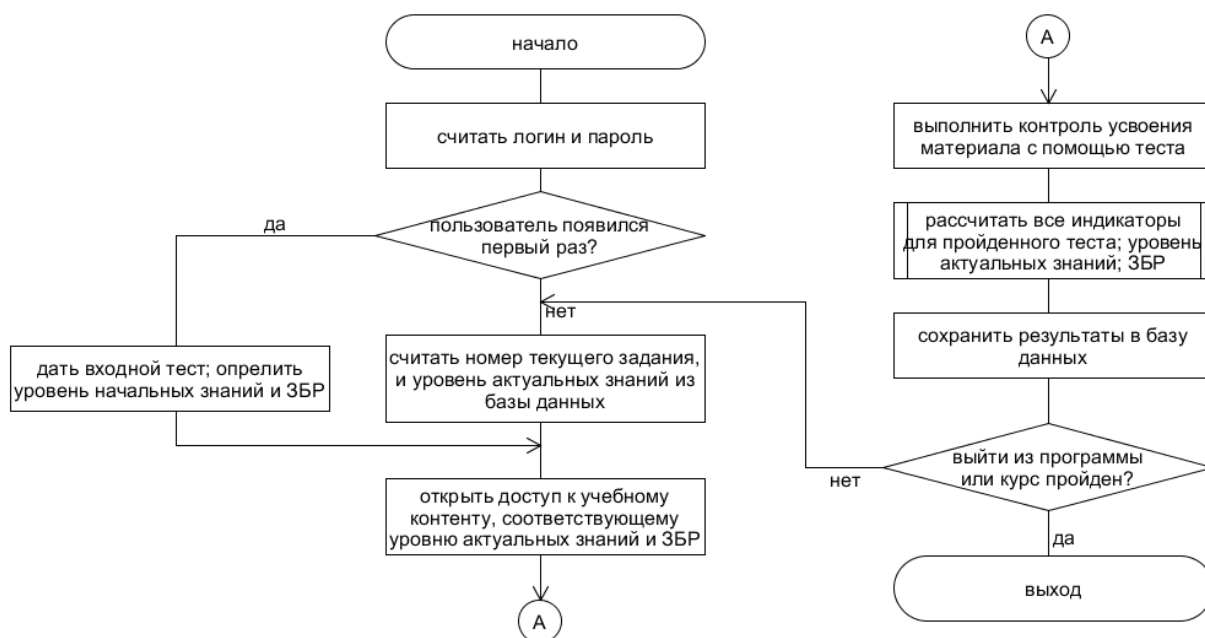


Рисунок 3.1 – Основной алгоритм программы

Как только ученик запустит программу, ему надо будет ввести свой логин и пароль.

Если ученик зашёл в первый раз, ему необходимо зарегистрироваться, после регистрации ученику будет предложено пройти входной тест, для определения начальных знаний.

Если ученик прошёл входной тест или он продолжает обучение, то в базе данных уже хранятся его ЗАР, а на основе ЗАР можно рассчитать, где остановился ученик. После определения точки остановки ученика и расчёта его ЗБР, ему откроется соответствующий контент. После этого ученик изучает теорию и проходит тест, после прохождения теста все данные записываются в базу данных, и ученик может закончить обучение на сегодня или продолжить его.

### 3.2 Алгоритм определения уровня начальных знаний

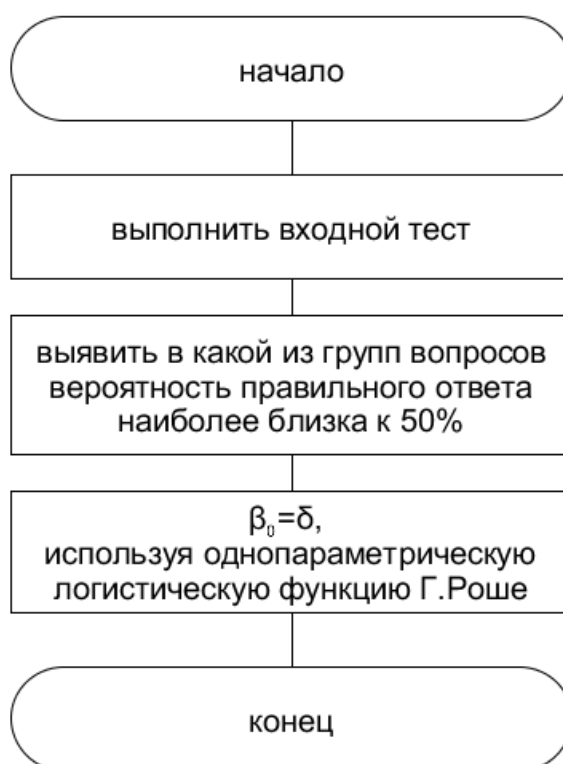


Рисунок 3.2 – Алгоритм определения уровня начальных знаний

В входном тесте содержится много заданий разной сложности; после прохождения теста программа рассчитывает на какой сложности заданий вероятность правильного ответа наиболее близка к 50%, после нахождения такой сложности устанавливается уровень начальных знаний, который будет равен сложности этих заданий.

### 3.3 Пересчёт зоны ближайшего развития при прохождении нового теста



Рисунок 3.3 – Алгоритм пересчёта учебных достижений

После прохождения очередного теста программа рассчитывает значения индикаторов, процент правильных ответов, после чего вычисляет ЗАР.

### 3.4 Схема и таблицы базы данных

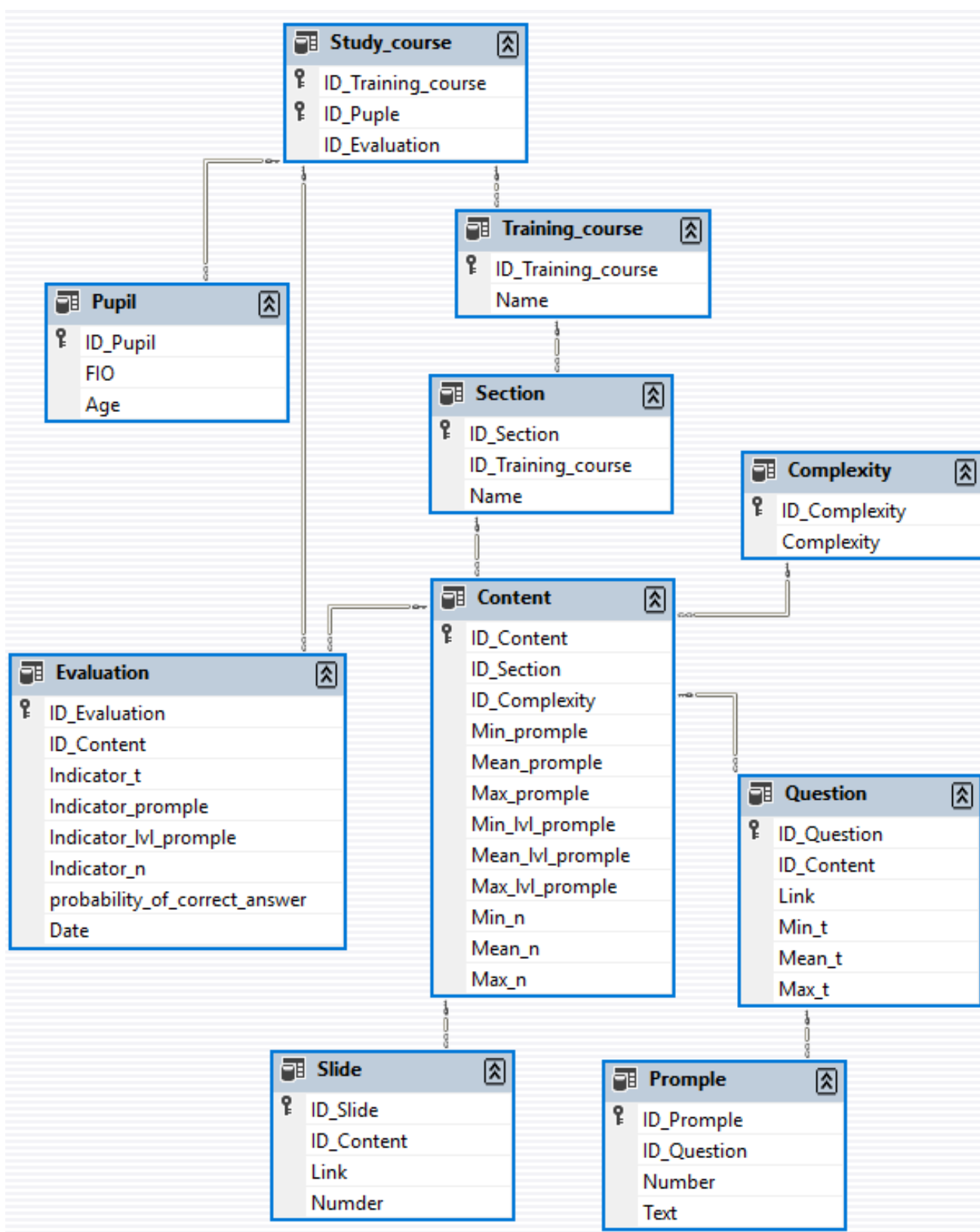


Рисунок 3.4 – Схеа базы данных

Таблица 3.1 – Content

| Имя поля         | Тип данных | Описание                                    |
|------------------|------------|---|
| ID_Content       | int64      | Первичный ключ                              |
| ID_Section       | int64      | Внешний ключ                                |
| ID_Complexity    | int64      | Внешний ключ                                |
| Min_promple      | int64      | Минимальное количество подсказок            |
| Mean_promple     | double     | Среднее количество подсказок                |
| Max_promple      | double     | Максимальное количество подсказок           |
| Min_lvl_promple  | int64      | Минимальный уровень подсказок               |
| Mean_lvl_promple | double     | Средний уровень подсказок                   |
| Max_lvl_promple  | double     | Максимальный уровень подсказок              |
| Min_n            | int64      | Минимальное количество пропущенных заданий  |
| Mean_n           | int64      | Среднее количество пропущенных заданий      |
| Max_n            | int64      | Максимальное количество пропущенных заданий |

Таблица 3.2 – Study\_course

| Имя поля           | Тип данных | Описание                 |
|--------------------|------------|--------------------------|
| ID_Training_course | int64      | Составной первичный ключ |
| ID_Puple           | int64      | Составной первичный ключ |
| ID_Evalutation     | int64      | Внешний ключ             |

Таблица 3.1 – Pupil

| Имя поля | Тип данных | Описание              |
|----------|------------|-----------------------|
| ID_Pupil | int64      | Первичный ключ        |
| FIO      | string     | ФОИ ученика           |
| Age      | date       | Дата рождения ученика |

Таблица 3.4 – Training\_course

| Имя поля           | Тип данных | Описание       |
|--------------------|------------|----------------|
| ID_Training_course | int64      | Первичный ключ |
| Name               | string     | Название курса |

Таблица 3.2 – Complexity

| Имя поля      | Тип данных | Описание               |
|---------------|------------|------------------------|
| ID_Complexity | int64      | Первичный ключ         |
| Complexity    | int64      | Наименование сложности |

Таблица 3.6 – Evaluation

| Имя поля                      | Тип данных | Описание                                  |
|-------------------------------|------------|---|
| ID_Evaluation                 | int64      | Первичный ключ                            |
| ID_Content                    | int64      | Внешний ключ                              |
| Indicator_t                   | double     | Результат индикатора времени              |
| Indicator_promple             | double     | Результат индикатора количества подсказок |
| Indicator_lvl promple         | double     | Результат индикатора уровня подсказок     |
| Indicator_n                   | double     | Результат индикатора пропущенных задний   |
| Probability_of_correct_answer | double     | Процент правильно решённых задач          |
| Date                          | Date       | Дата прохождения                          |

Таблица 3.7 – Question

| Имя поля     | Тип данных | Описание                               |
|--------------|------------|--|
| ID_ Question | int64      | Первичный ключ                         |
| ID_Content   | int64      | Внешний ключ                           |
| Link         | string     | Ссылка за картинку вопроса             |
| Min_t        | Date       | Минимальное время для решения вопроса  |
| Mean_t       | Date       | Среднее время для решения вопроса      |
| Max_t        | Date       | Максимальное время для решения вопроса |



Таблица 3.8 – Slide

| Имя поля   | Тип данных | Описание                            |
|------------|------------|-------------------------------------|
| ID_Slide   | int64      | Первичный ключ                      |
| ID_Content | int64      | Внешний ключ                        |
| Link       | string     | Ссылка на картинку обучающей теории |
| Number     | int64      | Номер слайда                        |

Таблица 3.93 – Promple

| Имя поля   | Тип данных | Описание        |
|------------|------------|-----------------|
| ID_Promple | int64      | Первичный ключ  |
| ID_Content | int64      | Внешний ключ    |
| Number     | int64      | Номер подсказки |
| Text       | string     | Текст подсказки |

Таблица 3.10 – Section

| Имя поля           | Тип данных | Описание         |
|--------------------|------------|------------------|
| ID_Section         | int64      | Первичный ключ   |
| ID_Training_course | int64      | Внешний ключ     |
| Name               | string     | Название раздела |

### 3.5 Пример работы программы

После запуска программы появится главное окно программы, рисунок 3.5. С помощью главного меню можно начать проходить учебный контент, посмотреть свою статистику за всё время обучени.

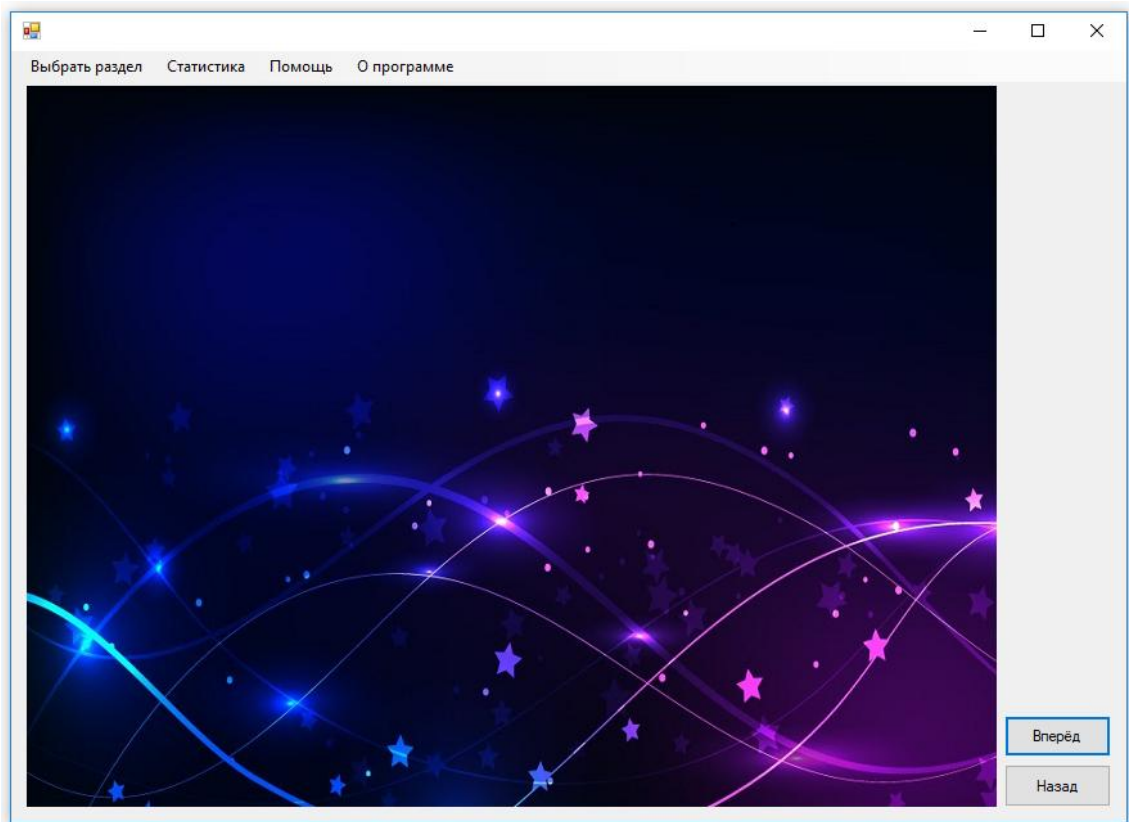


Рисунок 3.5 – Главное окно программы

После входа можно выбрать один из открытых разделов, рисунок 3.6.

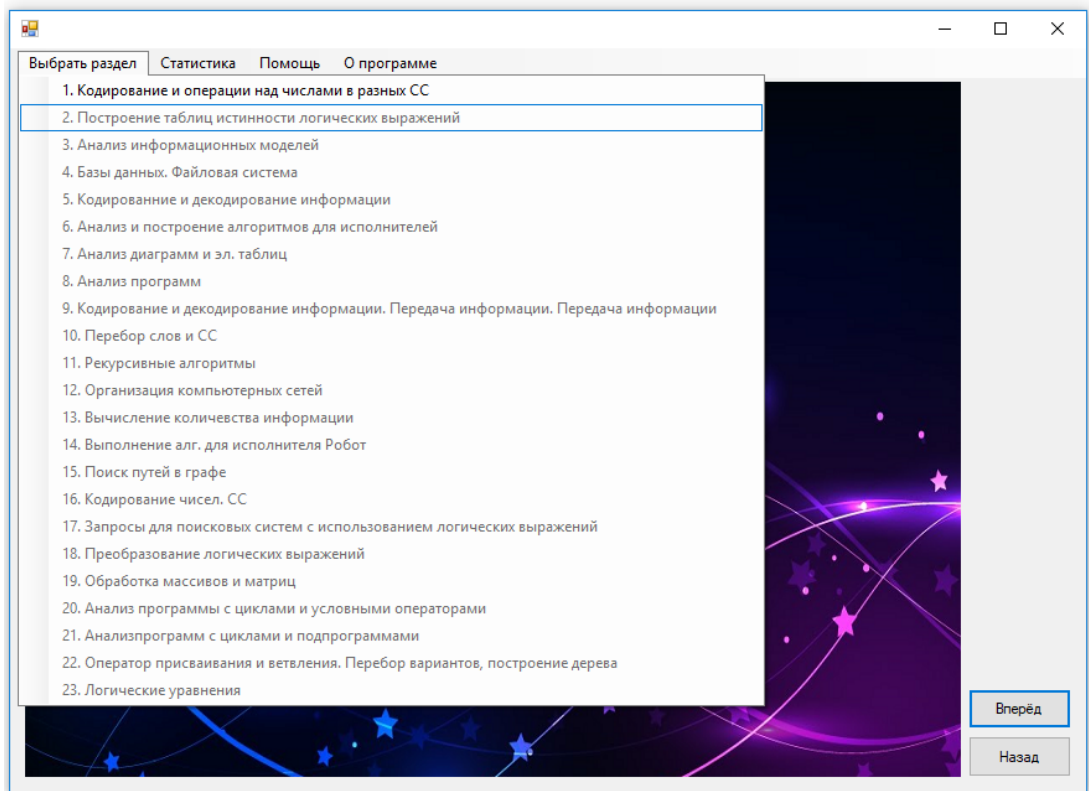


Рисунок 3.6 – Выбор раздела

На примере показан случай, когда открыт только первый раздел, после нажатия на него начнётся показ слайдов, рисунок 3.7. С помощью кнопок «вперёд» и «назад» ученик может переключать слайды.

Выбрать раздел   Статистика   Помощь   О программе

Для того, чтобы перевести из 10-ой СС в другую, необходимо делить это число на основания СС, в которую мы хотим перевести число, а остатки от деления записывать.

Например:

$$\begin{array}{r} 478 \overline{) 4} \\ \underline{476} \phantom{0} \\ 2 \phantom{0} \overline{) 119} \phantom{0} \\ \underline{216} \phantom{0} \\ 3 \phantom{0} \overline{) 29} \phantom{0} \\ \underline{326} \phantom{0} \\ 3 \phantom{0} \end{array}$$

Итого:  $478_{10} = 3332_4$

$$\begin{array}{r} 478 \overline{) 16} \\ \underline{467} \phantom{0} \\ 14 \phantom{0} \overline{) 16} \phantom{0} \\ \underline{1416} \phantom{0} \\ 13 \phantom{0} \end{array}$$

Итого:  $478_{10} = 1DE_{16}$

Вперёд

Назад

Рисунок 3.7 – Показ слайдов

После прохождения теории появится форма, где надо пройти тест по пройденному материалу рисунок 3.8.

Сколько цифр D содержит число 1224574536, если его перевести из десятичной СС в двенадцатеричную СС?

3       4       7

0       1       2

Подсказка

Далее

Рисунок 3.8 – Процесс прохождения теста

После прохождения теста ученик может открыть новый раздел, рисунок 3.9.

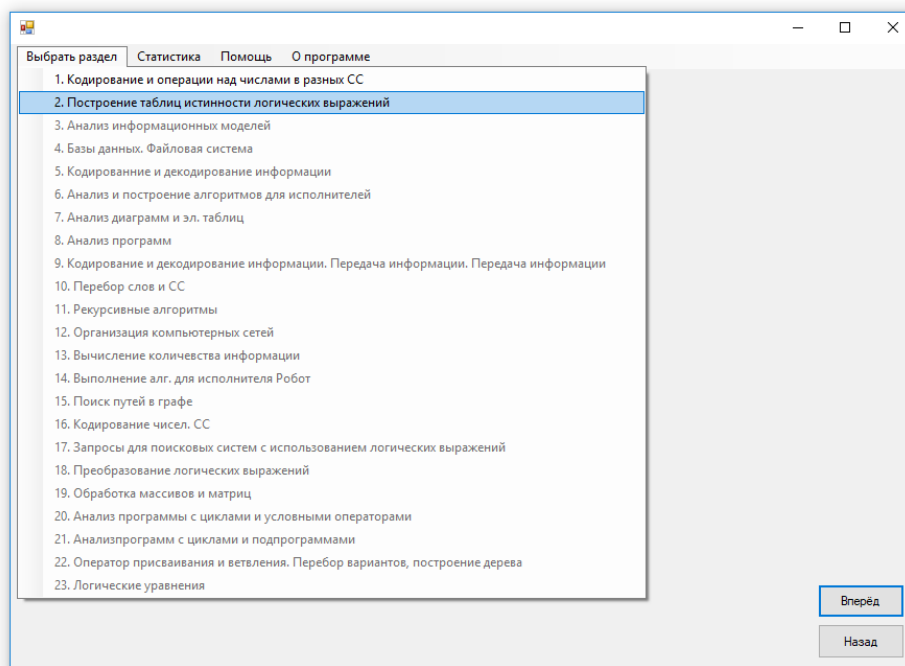


Рисунок 3.9 – Продвижение по разделам

Ученик может ознакомиться со своей статистикой по пройденным тестам, для этого необходимо нажать на пункт «Статистика» в главном меню программы, рисунок 3.10.

|   | Раздел | Процент правильных ответов | Номер попытки | Дата       | Время прохождения | Пропущенных задний | Количество использованных подсказок |
|---|--------|----------------------------|---------------|------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|
| ▶ | 1      | 75                         | 1             | 02.05.2019 | 28                | 2                  | 0                                   |
|   | 2      | 35                         | 1             | 02.05.2019 | 24                | 4                  | 7                                   |
|   | 2      | 90                         | 2             | 03.05.2019 | 21                | 0                  | 0                                   |
|   | 3      | 55                         | 1             | 04.05.2019 | 17                | 2                  | 5                                   |
| * |        |                            |               |            |                   |                    |                                     |

Рисунок 3.10 – Статистика ученика

### 3.6 Вывод по разделу

В данном разделе были разработаны и описаны алгоритмы, которые позволяют обеспечить процесс индивидуального обучения, а именно алгоритм определения начальной ЗАР, алгоритм пересчёта ЗАР и алгоритм оценки ЗБР. Разработана схема базы данных и описаны все её таблицы, которые содержатся в базе. Показан пример выбора раздела, процесс решения теста.

## 4 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И АНАЛИЗ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ

### 4.1 Методика эксперимента

Весь процесс обучения основан на объяснении теории, а после её прохождения проводится контроль усвоения материала, и так до тех пор, пока не будет пройден весь материал.

На рисунке 4.1 изображён цикл обучения.



Рисунок 4.1 – Цикл обучения

Если контроль был не пройден, ученик отправляется на уровень ниже, где материал объяснён по-другому и тест содержит другие вопросы.

Если же тест был сделан слишком быстро, без использования подсказок и задания не пропускались, значит это был слишком лёгкий тест для конкретного ученика, и он отправляется в следующий учебный раздел на уровень выше, где теория написана более ёмко и тесты более сложные.

Если же тест был сдан за среднее для этого теста время, было использовано умеренное количество подсказок и не присутствовало много пропусков заданий, ученик остаётся на текущем уровне и переходит в следующий раздел.

Если же тест был сдан, но было потрачено много времени, использовано большое количество подсказок разного качества и часто

пропускались задания, то ученик будет пропущен в следующий раздел, но при этом оно будет спущен на уровень ниже.

#### 4.2 Результаты эксперимента

Для оценки модели и метода измерения уровня подготовленности использовались данные о результатах обучения 9 учеников различных школ города Челябинска.

Входной тест содержит 45 вопросов разной сложности: 15 простых, средних и сложных вопросов.

Результаты прохождения входного теста представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты прохождения входного теста

| Ученик | Количество правильных ответов |                    |                    | Уровень начальных знаний | Ширина ЗБР |
|--------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|------------|
|        | На лёгкие вопросы             | На средние вопросы | На сложные вопросы |                          |            |
| 1      | 15                            | 7                  | 1                  | 0,2                      | 0,28       |
| 2      | 8                             | 1                  | 0                  | -2,1                     | 0,16       |
| 3      | 7                             | 2                  | 0                  | -2,0                     | 0,16       |
| 4      | 15                            | 8                  | 2                  | 0,4                      | 0,3        |
| 5      | 15                            | 15                 | 13                 | 2,2                      | 0,48       |
| 6      | 13                            | 8                  | 1                  | 0,3                      | 0,3        |
| 7      | 14                            | 4                  | 1                  | -0,5                     | 0,24       |
| 8      | 5                             | 1                  | 0                  | -2,3                     | 0,15       |
| 9      | 10                            | 3                  | 0                  | -1,7                     | 0,17       |

Рассмотрим динамику изменения зоны ближайшего развития у трёх учеников с различными уровнями начальных знаний.

Для наглядности будем выделять чёрным (пунктир) цветом участки, где ученик шёл по подробному контенту, голубым цветом (сплошная) - по обычному контенту, зелёным (точка) - по краткому.

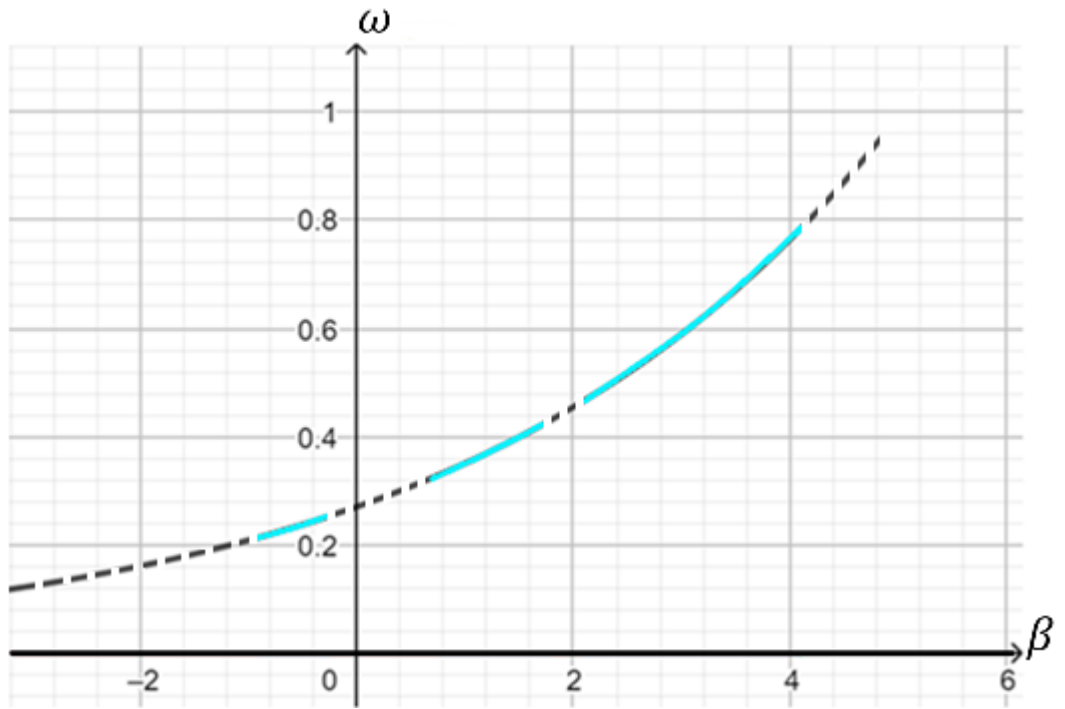


Рисунок 4.2 – Путь по контенту 8-го ученика

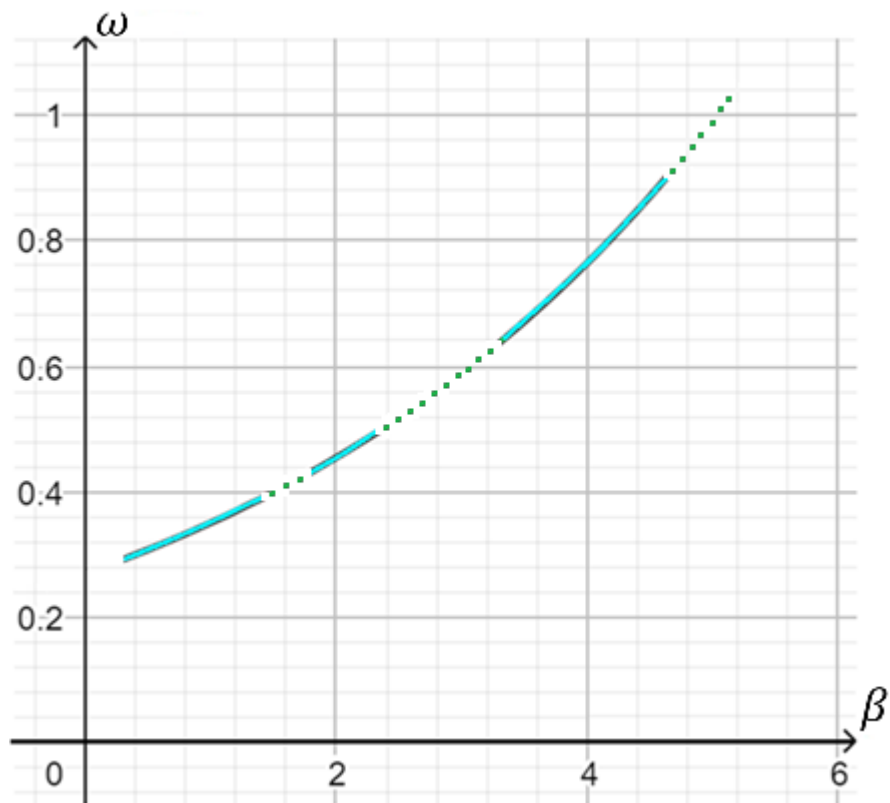


Рисунок 4.3 – Путь по контенту 4-го ученика



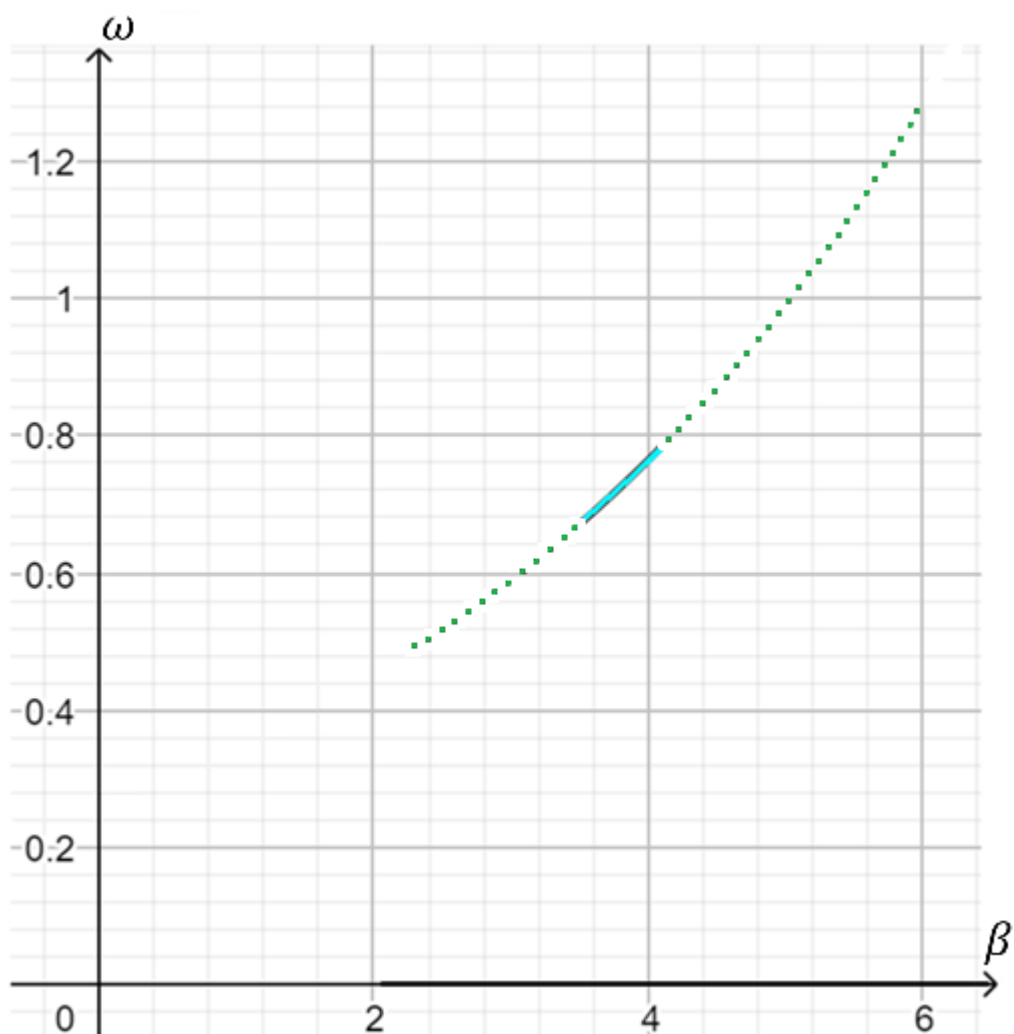


Рисунок 4.4 – Путь ко контенту 5-го ученика

Из графиков видно, что каждый ученик начинал с разных позиций, это связано с тем, что они показали разные результаты по прохождению входного теста. А также видно, что каждый ученик изучал весь материал по-разному, то есть на разных уровнях сложности. Рассмотрим две таблицы, где приведены результаты тестирования разных учеников.

Таблица 4.2 – Таблицы результатов тестирования 1-го ученика

| тест | сложность |      |      |      |      |      |      |
|------|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 2    | 0,3       | 0,9  | 0,76 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,36 |
| 5    | 0,3       | 0,95 | 0,7  | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,36 |
| 8    | 1         | 0,9  | 0,79 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 1,23 |
| 12   | 2         | 0,6  | 0,49 | 0,84 | 0,7  | 0,84 | 1,22 |

Таблица 4.3 – Таблица тестирования 2-го ученика

| тест | сложность |      |      |      |      |      |       |
|------|-----------|------|------|------|------|------|-------|
| 1    | -2        | 0,75 | 0,73 | 0,74 | 0,84 | 0,84 | -2,15 |
| 4    | -1        | 0,35 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,64 | -2,87 |
| 4    | -1        | 0,9  | 0,82 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | -0,84 |
| 7    | -0,3      | 0,55 | 0,79 | 0,72 | 0,7  | 0,56 | -0,57 |

Здесь – вероятность правильного ответа;

– индикатор времени;

– индикатор пропусков заданий;

– индикатор количества подсказок;

–индикатор уровня подсказок.

Визуализируем образовательную траекторию 5-го и 6-го ученикой, рассмотрим на примере первых трёх разделах.

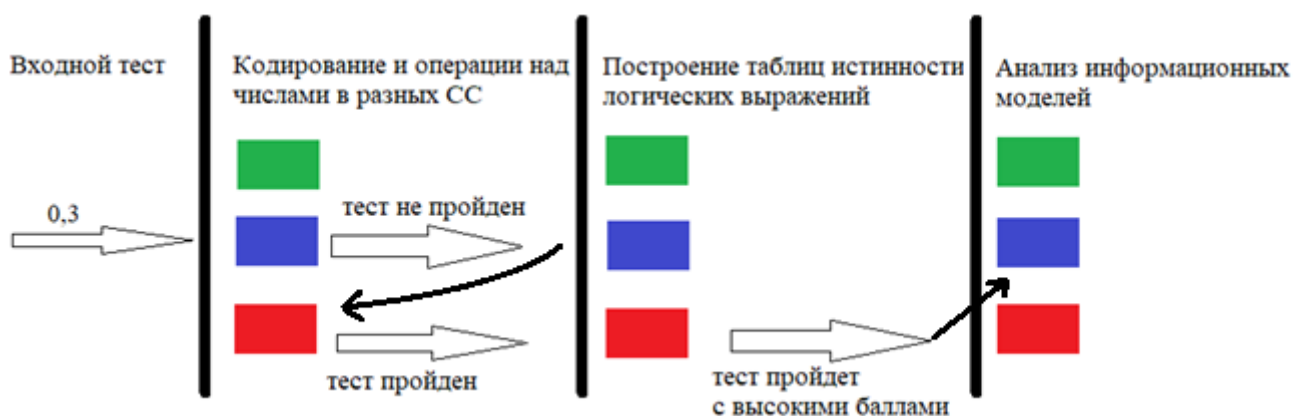


Рисунок 4.5 – Траектория обучения 6-го ученика

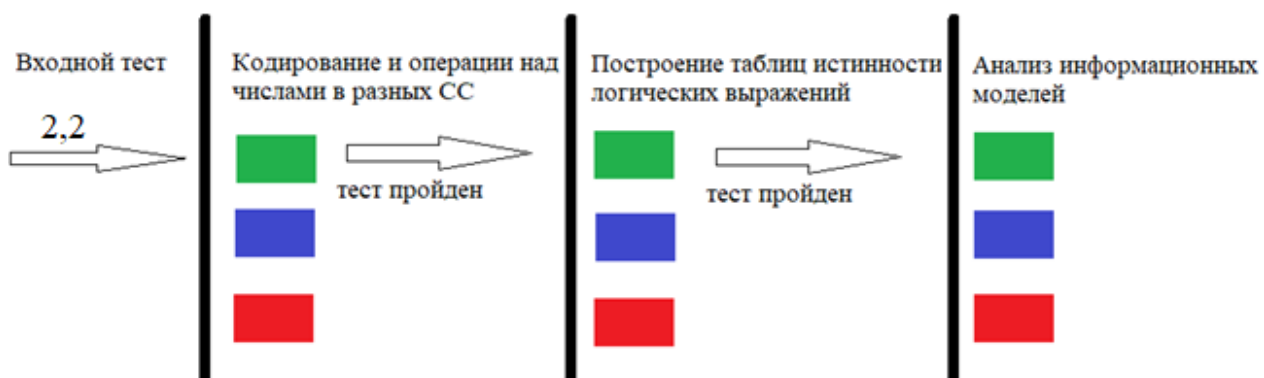


Рисунок 4.6 – Траектория обучения 5-го ученика

### 4.3 Вывод по разделу

В данном разделе на примерах продемонстрировано, как происходит обучение. Приведены результаты входного тестирования учеников, наглядно показано, как ученики шли по обучающему контенту, произведено сравнение первых шагов двух учеников, проиллюстрировано начало траектории других двух учеников. Полученные результаты подтвердили эффективность предложенной методики обучения. Все ученики в конце обучения продемонстрировали достаточно высокий уровень знаний, при этом время (число шагов) обучения заметно отличалось с учетом индивидуальных достижений учеников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была разработана система для индивидуального обучения, выполнены все поставленные задачи:

1) изучены существующие методы и алгоритмы расчёта уровня начальных знаний;

2) изучены существующие методики индивидуального обучения, основанные на оценке зоны ближайшего развития, зависящей от уровня актуальных знаний;

3) предложена методика измерения уровня актуальных знаний с применением индикаторных переменных;

4) разработаны алгоритмы расчёта начального уровня знаний, оценки зоны ближайшего развития по результатам тестирования;

5) разработана база данных и интерфейс программы обучения по индивидуальной образовательной траектории;

6) разработана методика и проведён эксперимент по оценке эффективности обучения.

Разработанная программа прошла испытания на реальных учениках.

В дальнейшем можно улучшить алгоритмы и программу следующим образом:

1) перенести приложение на сайт;

2) увеличить экспериментальную выборку учеников и выявить более строгие и достоверные зависимости между индикаторами и ЗАР;

3) увеличить число индикаторов;

4) добавить курсы по обучению.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Выготский, Л.С. Динамика умственного развития ребенка в связи с обучением / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова // Педагогическая психология. – Москва, 1999. – С. 337–356.
- 2 Выготский, Л.С. Собрание сочинений. В 6 т. Т. 2. Проблемы общей психологии / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – М.: Педагогика, 1982. – 504 с.
- 3 Tzuriel, D. The Seria-Think Instrument: Development of a Dynamic Test for Young Children / D. Tzuriel // School Psychology International. – 2000. – Vol. 21(2). – P. 177–194.
- 4 Lin, H.-Y. Design and Implementation of an Object Oriented Learning Activity System / H.-Y. Lin, S.-S. Tseng, J.-F. Weng, J.-M. Su // Educational Techonology & Society. – 2009. – № 12(3). – P. 248–265.
- 5 Нуриев, Н.К. Проектирование квазиинтеллектуальных образовательных систем нового поколения / Н.К. Нуриев, Л.Н. Журбенко, С.Д. Старыгина, Р.Х. Фатыхов // Educational Techology & Society. – 2006. – № 9(4). – С. 246–259.
- 6 Нуриев, Н.К. Дидактическое пространство подготовки компетентных специалистов в области программной инженерии / Н.К. Нуриев. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2005. – 244 с.
- 7 Нуриев, Н.К. Проектирование дидактической системы инновационной подготовки специалистов в области программной инженерии: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.08 / Н.К. Нуриев – Казань, 2006. – 44 с.
- 8 Маслак, А.А. Измерение латентных переменных в социальных системах / А.А. Маслак. – Славянск-на-Кубани: Издательский центр КубГУ, 2012. – 432 с.
- 9 Белоус, В.В. Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества образовательных тестов. Обзор / В.В. Белоус, А.С. Домников, А.П. Карпенко // Наука и образование. МГТУ им Н.Э. Баумана. Электрон. журн. –

2011. – №4. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/184741.html> (дата обращения: 14.02.2019).

10 Аванесов, В.С. Основные направления развития педагогических измерений / В.С. Аванесов // Школьные технологии. – 2012. – № 1. – С. 157–174.

11 Маслак, А.А. Измерение качества выпускных квалификационных работ: методические рекомендации / А.А. Маслак, С.А. Поздняков. – Славянск-наКубани : Издательский центр СГПИ, 2009. – 44 с.

12 Ким, В.С. Тестирование учебных достижений. Монография / В.С. Ким. – Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.

13 Baker, F.B. The Basic of Item Response Theory / F.B. Baker. – ERIC, 2001. – 172 p.

14 Wilson, M. Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach / M. Wilson. – Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum associates, 2005. – 228 p.

15 Лаврухина, Н.А. Методы оценки качества тестов по результатам тестирования / Н.А. Лаврухина, Н.И. Абасова // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. – Иркутск: ИИТМ ИрГУПС, 2010. – №8. – С. 124–134.

16 Birnbaum, A. Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring and Examinee's Ability / A.Birnbaum, F.M. Lord, M. Novick // Statistical Theories of Mental Test Scores. – Addison-Wesley Pub. Co. Reading, Mass, 1968. – P. 397 – 479.

17 Ким, В.С. Анализ результатов тестирования в процессе Rasch measurement / В.С. Ким // Педагогические измерения. – 2005. – №4. – С. 39–45.

18 Кочеткова, И.А. Способы и алгоритмы обработки информации и принятия решений о сердечно-сосудистой патологии на основе механизмов визуализации и теории нечетких множеств: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / И.А. Кочеткова – Курск, 2014. – 169 с.

19 Дубинин, А.А. Нечеткое моделирование сложных систем на основе прямого и обратного логического вывода: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / А.А. Дубинин. – Воронеж, 2011. – 152 с.

20 Жиряков, С.М. О решении проблемы адекватности моделирования в нечеткой логике / С.М. Жиряков, К.А. Майков // Вестник Бурятского государственного университета. – 2009. - №9. – С. 126–130.

21 Галеев, И.Х. Развитие адаптивных технологий обучения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: проблемы высшего образования. – 2004. – №2. – С. 76–83.

22 Ивлева, Е.В. Разработка и исследование интеллектуальных контролируемых систем с настраиваемой нечеткой экспертной подсистемой выставления оценок: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / Ивлева Елена Владимировна. – Рязань, 2004. – 177 с.

23 eFront – свежие технологии обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abbris.ru/?p=efront> (дата обращения 14.04.2019 г.).

24 Мамедова, Н.А. Актуальные вопросы стандартизации в сфере электронного обучения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2009. – № 6 – С. 24-25. – Режим доступа: [www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=227](http://www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=227) (дата обращения: 16.04.2019).

25 Живенков, А.Н. Формирование плагинов LMS Moodle для адаптивного построения структуры курса электронного обучения / А.Н. Живенков, О.Г. Иванова // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2010. – №19(90). – Вып. 16/1. – С. 150–156.

26 Единое платформенное решение 1С:Образование [Электронный ресурс]. – М.: Портал 1С: Образование [edu.1c.ru](http://edu.1c.ru), 2015. – Режим доступа: <http://edu.1c.ru/platform/platform.asp> (дата обращения 28.04.2019 г.). – Загл. с экрана.

27 Rasch, G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980. – 199 p.

28 Косоногова, М.А. Математическое обеспечение адаптивного электронного учебника / М.А. Косоногова // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов VIII международной научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 1. / Сост. Л.В. Брыкова, В.М. Уваров [и др.]. – Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2015. – С. 307–311.

29 Цукерман, Г.А. Взаимодействие ребенка и взрослого, творящее зону ближайшего развития / Г.А. Цукерман // Культурно-историческая психология. – 2006. – №4. – С. 61–73.

30 Косоногова, М.А. Подход к формализации психолого-педагогических аспектов при построении адаптивного электронного учебника / М.А. Косоногова // Актуальные вопросы вычислительной техники и информационных технологий в науке, образовании, культуре: Сборник докладов заочной межвузовской научной конференции студентов, аспирантов, молодых ученых (Белгород, 11 апреля 2014 г.): отв. ред. Р.А. Дунаев. – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2014. – С. 42–43.

31 Корепанова, И.А. Три понятия о реальности детского развития: обучаемость, зона ближайшего развития и скаффолдинг / И.А. Корепанова, М.А. Сафронова // Культурно-историческая психология. – 2011. – №2. – С. 74–83.

32 Косоногова, М.А. Метод и средства управления образовательной траекторией в системах электронного обучения: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Косоногова Марина Александровна; БелГТУ. – Белгород, 2016. –160 С.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пример контента разного уровня сложности

Пример контента третьего уровня, рисунки 1, 2.

Для того, чтобы перевести из любой СС в 10-ую необходимо:

- 1) начиная с младшего разряда расставить над цифрами числа от 0;
- 2) возводить основание СС ту степень, которая стоит над числом и уснажать на само это число;
- 3) все полученные числа сложить.

Например:

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| $10101_2$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">0</span> | $10101_2$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> | $10101_2 = 1*2^0 + 0*2^1 + 1*2^2 + 0*2^3 + 1*2^4 = 1 + 0 + 4 + 0 + 16 = 21$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> | <span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">3</span> |
| $1245_6$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">0</span>  | $1245_6$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span>  | $1245_6 = 5*6^0 + 4*6^1 + 2*6^2 + 1*6^3 = 5 + 24 + 36 + 216 = 292$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span>          | <span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">3</span> |
| $AC_{16}$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">0</span> | $AC_{16}$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> | $AC_{16} = 12*16^0 + 10*16^1 = 12 + 160 = 172$<br><span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span>                              | <span style="border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px;">3</span> |

Если основание СС больше 10, то в ней появляются нестандартные ЦИФРЫ, которые пишутся в виду БУКВ.

Снизу представлены все ЦИФРЫ 16-ой СС.

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A(10), B(11), C(12), D(13), E(14), F(15).

Рисунок 1 – Подробно СС, 1 слайд

Для того что бы перевести из 10-ой СС в любую необходимо делить число на основание СС, после чего записать остаток. Не забываем, что первый остаток будет стоять на младшем разряде, а последний на старшем.

Например:

24 в 2-ую СС

$24/2=12$  (остаток 0)

$12/2=6$  (остаток 0)

$6/2=3$  (остаток 0)

$3/2=1$  (остаток 1)

$1/2=0$  (остаток 1)

Итого:

$24 = 11000_2$

138 в 6-ую СС

$138/6=23$  (остаток 0)

$23/6=3$  (остаток 5)

$3/6=0$  (остаток 3)

Итого:

$138 = 350_6$

Если при делении получили 0, значит перевод закончен.

456 в 16-ую СС

$456/16=28$  (остаток 8)

$28/16=1$  (остаток 12)

$1/16=0$  (остаток 1)

Итого:

$456 = 1128$  (это не верная запись, в 16-ой СС есть цифра, которая обозначает 12, и это цифра C)  
 Правильная запись выглядит так:  $456 = 1C8_{16}$

Рисунок 2 – Подробно СС, 2 слайд

Пример контента второго уровня, рисунки 3, 4.

Для того, чтобы перевести из любой СС в 10-ую необходимо:

- 1) начиная с младшего разряда расставить над цифрами числа от 0;
- 2) возводить основание СС ту степень, которая стоит над числом и уснажать на само это число;
- 3) все полученные числа сложить.

Например:

$$10101_2 = 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 = 21$$

$$1245_6 = 5 \cdot 6^0 + 4 \cdot 6^1 + 2 \cdot 6^2 + 1 \cdot 6^3 = 317$$

$$AC_{16} = 12 \cdot 16^0 + 10 \cdot 16^1 = 172$$

Если основание СС больше 10, то в ней используются ЦИФРЫ, но записываются они в виде БУКВ. Для 16-ой СС: А - это цифра 10, В - цифра 11, ... F - цифра 15.

Рисунок 3 – Средне СС, 1 слайд

Для того, чтобы перевести из 10-ой СС в другую, необходимо делить это число на основания СС, в которую мы хотим перевести число, а остатки от деления записывать.

Например:

$$\begin{array}{r} 478 \overline{) 4} \\ \underline{476} \phantom{0} \\ 2 \phantom{0} \overline{) 119} \phantom{0} \\ \underline{2 \phantom{0} 116} \phantom{0} \\ 3 \phantom{0} \overline{) 29} \phantom{0} \\ \underline{3 \phantom{0} 26} \phantom{0} \\ 3 \phantom{0} \end{array}$$

Итого:  $478_{10} = 3332_4$

$$\begin{array}{r} 478 \overline{) 16} \\ \underline{467} \phantom{0} \\ 14 \phantom{0} \overline{) 29} \phantom{0} \\ \underline{14 \phantom{0} 16} \phantom{0} \\ 13 \phantom{0} \end{array}$$

Итого:  $478_{10} = 1DE_{16}$

Рисунок 4 – Средне СС, 2 слайд

Пример контента третьего уровня, рисунок 5.

Перевод из любой СС в 10-ую:

$$11001010_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 202$$

$$12045_7 = 5 \cdot 7^4 + 0 \cdot 7^3 + 4 \cdot 7^2 + 2 \cdot 7^1 + 1 \cdot 7^0 = 3120$$

$$A0C_{16} = 12 \cdot 16^2 + 0 \cdot 16^1 + 10 \cdot 16^0 = 2572$$

Перевод из 10-ой в любую СС:

$$1234 = 10011010010_2$$

$$14414_5$$

$$4D_{16}$$

A – 10

B – 11

C – 12

D – 13

E – 14

F – 15

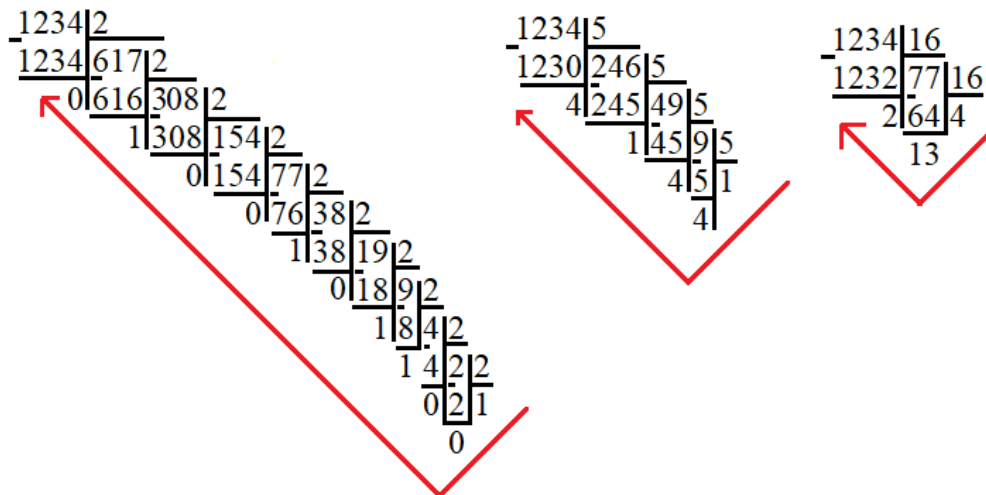


Рисунок 5 – Кратко СС

Вопросы теста третьего уровня:

- 1) Сколько единиц содержит число 36 в 2-ой СС?
- 2) Сколько нулей содержит число 63 в 2-ой СС?
- 3) Чему равно значение выражения  $101_2 + 101_4$ ? Запишите ответ в 10 СС.
- 4) Чему равно значение выражения  $78_{10} + 14_6$ ? Запишите ответ в 10 СС.
- 5) Чему равно значение выражения  $A1_{16} + 101_7$ ? Запишите ответ в 10 СС.
- 6) Чему равно значение выражения  $101_2 + 101_4$ ? Запишите ответ в 2 СС.
- 7) Сколько существует чисел от 10 до 20, запись которых в 2-ой СС имеет три единицы?
- 8) Сколько существует чисел от 10 до 20, запись которых в 4-ой СС имеет одну двойку?
- 9) Переведите число  $4F_{16}$  в 2-ую СС.
- 10) Переведите число  $1101101_2$  в 10-ую СС.

Вопросы теста второго уровня:

- 1) Сколько единиц содержит число 557 в 2-ой СС?
- 2) Сколько нулей содержит число 1023 в 2-ой СС?
- 3) Чему равно значение выражения  $503_6+614_7+10011_2$ ? Запишите ответ в 10 СС.
- 4) Чему равно значение выражения  $780_{10}+A4_{16}-10100100_2$ ? Запишите ответ в 7 СС.
- 5) Чему равно значение выражения  $A1F_{16}+100110111_2$ ? Запишите ответ в 10 СС.
- 6) Чему равно значение выражения  $101_2+101_4+101_8+101_{16}$ ? Запишите ответ в 2 СС.
- 7) Сколько существует чисел от 10 до 20, запись которых в 2-ой СС имеет три единицы?
- 8) Сколько существует чисел от 10 до 20, запись которых в 4-ой СС имеет одну двойку?
- 9) Сколько цифр D содержит число 1224574536, если его перевести из 10-ой СС в 12-ую СС?
- 10) Переведите число  $110110101011_2$  в 10-ую СС.

Вопросы теста первого уровня:

- 1) Найдите X, если  $X_5+AC_{15}=AC_{16}$ .
- 2) Сколько нулей содержит число 32767 в 2-ой СС?
- 3) Сколько цифр D содержит число 1224574536, если его перевести из 10-ой СС в 12-ую СС?
- 4) Сколько из перечисленных чисел:  $33_4$ ,  $65_5$ ,  $AC_{16}$ ,  $1G_{17}$ ,  $450_{10}$ ,  $101110110_2$  – имеют в 3-ой СС две двойки?
- 5) Сколько целых решений имеет неравенство  $453_6 < X < 453_9$ , учитывая что X нечётный?
- 6) Чему равно значение выражения  $1011_2+1011_4+1011_8+1011_{16}$ ? Запишите ответ в 2 СС.

7) Сколько существует чисел от 10 до 20, запись которых в 2-ой СС имеет три единицы?

8) Какое число наименьшее  $16B_{13}$ ,  $513_7$ ,  $100101_3$ ,  $100_{16}$ ,  $2012_5$ ,  $11111110_2$ ?

9) Решить уравнение  $102_x = 26_{16}$ .

10) Переведите число  $11011011011011011_2$  в 16-ую СС.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Текст программы

Main.cs – модуль, где описано главное окно программы.

Tests.cs – модуль, где описана форма тестирования.

Statistics.cs – модуль, где описана форма просмотра статистики.

Entre.cs – модуль, где описана форма входа.

Registrtration.cs – модуль, где описана форма регистрации.

Confirmation.cs – модуль, где описана форма подтверждения регистрации.

Help.cs – модуль, где описана форма «Помощь».

O\_prog.cs – модуль, где описана форма «О программе».

Файл Main.cs.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApp1
{
    public partial class Main : Form
    {
        int section; // раздел 1..23
        int lvl=1; // уровень (1 - подробный, 2-средний, 3 - краткий)
        int position=1; // порядковый номер слайда
        Image[] content = new Image[20];
        public Main()
        {
            InitializeComponent();
            Entry entrance = new Entry();
            entrance.Show();
            Image im;
            im =
Image.FromFile(@"C:\Users\User\Desktop\prog_dip\WindowsFormsApp1\WindowsFormsApp1\content
\hello.bmp");
            pictureBox1.Image = im;
            for (int i = 1; i < 4; i++)
            {
                content[i] =
Image.FromFile(string.Format(@"C:\Users\User\Desktop\prog_dip\WindowsFormsApp1\WindowsFor
msApp1\content\slides\11{0}.bmp", i));
            }
        }
    }
}
```

```

private void анализИнформационныхМоделейToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    section = 3;
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    position++;
    if (position == 11)
    {
        Tests test = new Tests(section, lvl);
        test.Show();
        position = 1;
    }
    pictureBox1.Image = content[position];
}

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    position--;
    if (position == 0) position = 1;
    pictureBox1.Image = content[position];
}

private void
кодированиеИЮперацииНадЧисламиВРазныхСCToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)
{
    section = 1;
}

private void
построениеТаблицыИстинностиЛогическихВыраженийToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    section = 2;
}

private void помощьToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Statistics statistics = new Statistics();
    statistics.Show();
}
private double ZBR(double b) //b - учебные достижения
{
    return 0.27 * Math.Exp(0.26 * b); //возвращаем ширину ЗБР
}
private double Start(double comp1, double comp2, double comp3, int n1, int n2,
int n3) //comp - средняя сложность группы заданий, n - количество правильно решённых
заданий
{
    return 1;
}
private double Score(double p, double y1, double y2, double y3, double y4, double
comp) //p - процент решённых задач, y - индикаторы, comp - сложность теста
{
    return Math.Pow(((y1 + y2) * (y3 + y4) / 2 * p), Math.Sign(comp)) * comp;
//возвращаем учебные достижения
}
private double Norm(int p, int min, int mid, int max, int k1, int k2) // p -
результат, min,mid,max - параметры теста, k1,k2 - коэффициенты значимости
{
    if (p < min) p = min;
}

```

```

        if (p > max) p = max;
        if (p > mid)
        {
            return ((mid - p) / (max - mid) * k2 + 1) * Math.Sqrt(2) / 2; //возвращаем
нормализованный индикатор
        }
        else
        {
            return ((mid - p) / (mid - min) * k1 + 1) * Math.Sqrt(2) / 2; //возвращаем
нормализованный индикатор
        }
    }

    private void базыДанныхФайловаяСистемаToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        section = 4;
    }

    private void кодированиеИДекодированиеИнформацииToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    {
        section = 5;
    }

    private void анализИПостроениеАлгоритмовДляИсполнителейToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        section = 6;
    }

    private void анализДиаграммИЭлТаблицToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        section = 7;
    }

    private void анализПрограммToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        section = 8;
    }

    private void кодированиеИДекодированиеИнформацииПередачаИнформацииПередачаИнформацииToolStripMenuItem_
Click(object sender, EventArgs e)
    {
        section = 9;
    }

    private void переборСловИСистемыСчисленияToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        section = 10;
    }

    private void рекурсивныеАлгоритмыToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)
    {
        section = 11;
    }

    private void организацияКомпьютерныхСетейToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)

```



```

    {
        section = 12;
    }

    private void вычислениеКоличестваИнформацииToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    {
        section = 13;
    }

    private void выполнениеАлгДляИсполнителяРоботToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    {
        section = 14;
    }

    private void поискПутейВГрафеToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        section = 15;
    }

    private void кодированиеЧиселССТoolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)
    {
        section = 16;
    }

    private void запросыДляПоисковыхСистемСИспользованиемЛогическихВыраженийToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    {
        section = 17;
    }

    private void преобразованиеЛогическихВыраженийToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    {
        section = 18;
    }

    private void обработкаМассивовИМатрицToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        section = 19;
    }

    private void анализПрограммыСЦикламиИУсловнымиОператорамиToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        section = 20;
    }

    private void анализпрограммСЦикламиИПодпрограммамиToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    {
        section = 21;
    }

    private void операторПрисваиванияИВетвленияПереборВариантовПостроениеДереваToolStripMenuItem_Click(obj
ect sender, EventArgs e)
    {
        section = 22;
    }

```

```

    }

    private void логическиеУравненияToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)
    {
        section = 23;
    }

    private void оПрограммеToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        O_prog prog = new O_prog();
        prog.Show();
    }

    private void оПрограммеToolStripMenuItem1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Help H = new Help();
        H.Show();
    }
}
}

```

### Файл Tests.cs.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApp1
{
    public partial class Tests : Form
    {
        int position = 1;
        Image[] test = new Image[10];
        int[] otv = new int[10];
        public Tests(int section, int lvl)
        {
            InitializeComponent();
            string st="";
            st += Convert.ToString(section);
            st += Convert.ToString(lvl);
            for (int i = 1; i < 10; i++) {
                st = Convert.ToString(i);
                test[i] =
                Image.FromFile(string.Format(@"C:\Users\User\Desktop\prog_dip\WindowsFormsApp1\WindowsFor
msApp1\content\tests\{0}.bmp", st));
                st = st.Remove(1);
            }
            pictureBox1.Image = test[position];
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (radioButton1.Checked) otv[position - 1] = 1;    //сохраняем ответ на
вопрос
            if (radioButton2.Checked) otv[position - 1] = 2;
            if (radioButton3.Checked) otv[position - 1] = 3;
        }
    }
}

```

```
        if (radioButton4.Checked) otv[position - 1] = 4;
        if (radioButton5.Checked) otv[position - 1] = 5;
        if (radioButton6.Checked) otv[position - 1] = 6;
        position++;
        if (position == 11) {
            //выходим из теста,
            если пройдены все вопросы
                this.Close();
        }
        pictureBox1.Image = test[position];
    }
}
```