

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

**СОГЛАСОВАНО**

Доцент департамента  
Программной инженерии  
факультета компьютерных наук, к.т.н.

**УТВЕРЖДЕНО**

Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»

\_\_\_\_\_/Ахметсафина Р. З.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

\_\_\_\_\_/Шилов В. В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**АНИМАТОР КОДИРОВАНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВ РИДА-  
МАЛЛЕРА**

**Пояснительная записка**

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**RU.17701729.503200-01 81 01-1-ЛУ**

<i>Подп. и дата</i>	
<i>Инв. № дубл.</i>	
<i>Взам. инв. №</i>	
<i>Подп. и дата</i>	
<i>Инв. № подл.</i>	RU.17701729.503200-01 81 01-1-ЛУ

Исполнитель:

студент группы 301 ПИ

\_\_\_\_\_/Наседкин А. В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**УТВЕРЖДЕНО**

**RU.17701729.503200-01 81 01-1-ЛУ**

**АНИМАТОР КОДИРОВАНИЯ И ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВ РИДА-  
МАЛЛЕРА**

**Пояснительная записка**

**RU.17701729.503200-01 81 01-1**

**Листов 10**

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>
RU.17701729.503200-01 81 01-1				

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ .....	3
1.1. Наименование программы .....	3
1.2. Документы, на основании которых ведется разработка .....	3
2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....	4
2.1. Назначение программы .....	4
2.1.1. Функциональное назначение .....	4
2.1.2. Эксплуатационное назначение .....	4
2.2. Область применения .....	4
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	5
3.1. Постановка задачи на разработку программы .....	5
3.2. Описание применяемых математических методов .....	5
3.3. Описание алгоритма функционирования программы .....	6
3.4. Описание метода организации входных данных .....	6
3.5. Описание выбора технических и программных средств .....	6
4. ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ .....	7
5. ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ .....	8
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОПИСАНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ КЛАССОВ .....	9

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

### **1.1. Наименование программы**

Наименование программы – «Аниматор кодирования и декодирования кодов Рида-Маллера». Краткое наименование программы – «RMCodeAnimator».

### **1.2. Документы, на основании которых ведется разработка**

Разработка ведется на основании приказа Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» № 6.18.1-02/1912-09 19.12.2014.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

### 2.1. Назначение программы

#### 2.1.1. Функциональное назначение

Функциональным назначением программы является отображение процессов кодирования, трансляции и декодирования входных сообщений определенным видом кода Рида-Маллера, задаваемым параметрами порядка кода и определителем длины блока сообщения.

#### 2.1.2. Эксплуатационное назначение

Использование линейных двоичных кодов Рида-Маллера широко распространено в различных областях связи и передачи данных в силу возможности исправления ошибок передачи. Данная программа может использоваться в учебном процессе различных дисциплин при изучении блочных линейных кодов, поскольку предоставляет возможность работы с кодами Рида-Маллера в интуитивно понятном и наглядном интерфейсе.

### 2.2. Область применения

Программа «Аниматор кодирования и декодирования кодов Рида-Маллера» будет использоваться в рамках учебных дисциплин при изучении линейных блочных кодов, их свойств и различных алгоритмов декодирования сообщений.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

#### 3.1. Постановка задачи на разработку программы

Разрабатываемая программа должна обладать следующим функционалом:

- 1) осуществление возможности выбора пользователем желаемого вида кода Рида-Маллера путем детерминации определяющих параметров (параметр порядка и параметр длины блока сообщения);
- 2) кодирование текстового сообщения в соответствии с выбранным видом кода;
- 3) имитация передачи закодированного сообщения через канал, содержащий помехи и добавляющий искажения в передаваемое сообщение;
- 4) декодирование получаемого после передачи сообщения с исправлением возможных ошибок передачи;
- 5) анимация процесса кодирования путем отображения порождающей матрицы кода и кодируемого блока сообщения;
- 6) анимация процесса декодирования путем отображения проверочных скалярных произведений декодируемого блока сообщения и характеристических векторов, сгенерированных для конкретной строки порождающей матрицы кода, определяющей декодируемый бит блока сообщения;

#### 3.2. Описание применяемых математических методов

Код Рида-Маллера – линейный двоичный блочный код. Код Рида-Маллера задается двумя параметрами  $m$  и  $r$  (порядок кода, не превышающий значения величины  $m$ ) и имеет следующие характеристики:

- длина кодового слова  $n = 2^m$ ;
- длина информационной части сообщения  $k = 1 + C_m^1 + C_m^2 + \dots + C_m^r$ ;
- длина проверочной части сообщения  $n - k = 1 + C_m^1 + C_m^2 + \dots + C_m^{m-r-1}$ ;
- минимальное кодовое расстояние  $d_{min} = 2^{m-r}$ ;
- максимальное число ошибок, подлежащих коррекции:

$$e_{max} = (d_{min} > 1) ? (\frac{d_{min}}{2} - 1) : 0;$$

- коэффициент кода (длины информационной части сообщения к длине кодового слова)  $r = \frac{k}{n}$ ;

Код Рида-Маллера определяется при помощи порождающей матрицы размером  $k \times n$ , состоящей из базисных векторов линейного пространства размерности  $k$ . Построение матрицы происходит следующим образом:

- пусть вектор  $v_0$ - вектор, все компоненты которого равны 1;
- пусть  $v_1, v_2, \dots, v_m$  – строки матрицы, столбцы которой представляют собой все возможные двоичные наборы длины  $m$ ;
- для всех значений  $1 < i \leq r$  порождающая матрица дополняется компонентными произведениями  $i$  базисных векторов  $v_1, v_2, \dots, v_m$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3.3. Описание алгоритма функционирования программы

Кодирование двоичного сообщения кодом Рида-Маллера выполняется посредством порождающей кодируемой матрицы. Пусть сообщение представлено, как  $m = (m_1, m_2, \dots, m_k)$ , а порождающую матрицу обозначим за  $G$ . Тогда закодированное сообщение находится по правилу  $M_c = m \odot G = \sum_{i=1}^k m_i G_i$ , где суммирование выполняется как покомпонентное сложение векторов в  $Z_2$ .

Декодирование полученного сообщения происходит по мажоритарному принципу (алгоритм Рида).

В данной программе при формировании битового представления сообщения из текстового, введенного пользователем, предложено следующее допущение. Кодирование сообщения в последовательность байт происходит с использованием стандартной системной кодировки. Полученная последовательность бит разбивается на блоки для кодирования размером, равным информационной части сообщения конкретного вида кода. С целью соответствия длин последовательность бит дополняется вначале одним битом 1, затем последовательностью незначащих 0 (в начале сообщения). При формировании текстового сообщения из декодированного данная последовательность вида 0...01 удаляется.

Программа предоставляет пользователю возможность набрать текстовое сообщение в текстовом поле, конвертировать его в битовое представление, закодировать кодом Рида-Маллера соответствующей длины и порядка, симитировать передачу закодированного сообщения через канал, добавляющий помехи к сигналу и декодировать полученное сообщение. Весь процесс кодирования и декодирования доступен и анимируется приложением посредством подсвечивания текущих кодируемых/декодируемых блоков сообщения и вспомогательных строк порождающей матрицы, а также отображением проверочных скалярных произведений на этапе декодирования.

### 3.4. Описание метода организации входных данных

Входными данными программы является выбранный пользователем код Рида-Маллера, а именно определяющие параметры  $m$  и  $r$ , и текстовое сообщение, введенное в текстовое поле редактора.

В результате работы программы пользователю становятся доступными битовое представление входного текстового сообщения, закодированное сообщение, сообщение, переданное через канал с помехами и декодированное сообщение. Помимо битовых представлений данных сообщений по переданному и декодированному сообщениям формируется их текстовое представление, доступное для прочтения и передачи.

### 3.5. Описание выбора технических и программных средств

Для исполнения и корректной работы программы требуется Java SE Runtime Environment 6 или более новая версия JRE.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

#### 4. ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

На момент создания приложения не существовало доступных и бесплатных приложений и программ, предоставляющих возможность кодирования и декодирования текстовых сообщений кодами Рида-Маллера. Данная программа может использоваться в процессе самообучения или в рамках учебных дисциплин, связанных с дискретной математикой и кодированием информации.

Монетизация программы не предполагается, программа может распространяться свободно.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата



## 5. ИСТОЧНИКИ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ

1. **Othman O. Khalifa.** Reed-Muller Codec Simulation Performance / Othman O. Khalifa, Aisha-Huassan Abdullah, N. Suriyana – Journal of Computer Science 4 (10), 2008. – 792 – 798 p.;
2. **Кузнецов Ю. В., Шкарин С. А.** Коды Рида–Маллера (обзор публикаций) / Математические вопросы кибернетики. 1996. Вып. 6. С. 5–50.
3. **Кей С. Хорстманн.** Java 2. Библиотека профессионала. Том 1. Основы. 8-е издание / Кей С. Хорстманн, Гари Корнелл – Идательский дом «Вильямс», 2011. – 896 с.;
4. **Кей С. Хорстманн.** Java 2. Библиотека профессионала. Том 2. Тонкости программирования. 8-е издание / Кей С. Хорстманн, Гари Корнелл – Идательский дом «Вильямс», 2011. – 992 с.;
5. **Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А.** Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь, 1979.
6. **Малозёмов В. Н.** Избранные главы дискретного гармонического анализа и геометрического моделирования. Часть первая. Издание 2-е. / Под редакцией проф. В. Н. Малозёмова. СПб.: Изд-во ВВМ, 2014. 584 с.
7. **Эккель, Б..** Философия Java. Библиотека программиста. 4-е издание / Брюс Эккель – СПб.: Питер, 2010. – 640 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### ОПИСАНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ КЛАССОВ

Таблица 1

Класс	Назначение
model.BinaryFiniteField	Класс, представляющий тип конечного линейного пространства над полем Галуа GF(2) и предоставляющий операции над векторами в данном поле
model.BitMatrix	Класс, представляющий двумерную битовую матрицу
model.RMMatrix	Класс, представляющий битовую порождающую матрицу кода Рида-Маллера RM(r, m)
model.RMCode	Класс, представляющий код Рида-Маллера, заданного параметрами, и предоставляющий основные операции кодирования и декодирования битовых сообщений
model.TransmitChannel	Класс, представляющий сущность канала передачи и предоставляющий функционал передачи сообщения с заданным числом ошибок
util.Util	Класс, представляющий набор статических методов для конвертации битовых и байтовых массивов, а также реализующий комбинаторный функционал
viewmodel.RMCodeSystem	Класс, оболочка класса RMCode, предоставляющий функционал работы с текстовыми сообщениями, их кодирования и декодирования
view.RMView	Класс визуального представления приложения

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

[illegible]