

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет радиофизики и электроники

Кафедра кибернетики

**СТЕГАНОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СКРЫТИЯ ДАННЫХ  
В ОБЛАСТИ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Дипломная работа студента 5 курса  
РАИКА Георгия Александровича

Руководитель: канд. техн. наук, доцент  
САДОВ В. С.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент  
ЧУДОВСКИЙ В. А.

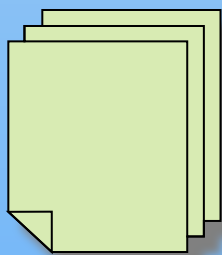
Минск, 2007

- **Цель работы:** разработка адаптивного стеганографического алгоритма встраивания информации в графические изображения, сжатые по стандарту JPEG, и его реализация на одном из языков программирования высокого уровня. Кроме **адаптивности** и **стойкости**, к алгоритму предъявлены требования **устойчивости к сжатию**, **гибкости** относительно встраиваемых объемов, **повторности адаптивного анализа** для возможности извлечения встроенной информации.

# 1. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ И АЛГОРИТМОВ

## •АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ СТЕГАНОГРАФИИ

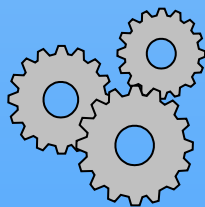
## •ДЕТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ И ФОРМАТА СЖАТИЯ JPEG



JPEG Standard (JPEG ISO/IEC 10918-1 ITU-T Recommendation T.81)

JPEG File Interchange Format. Version 1.02

## •ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ

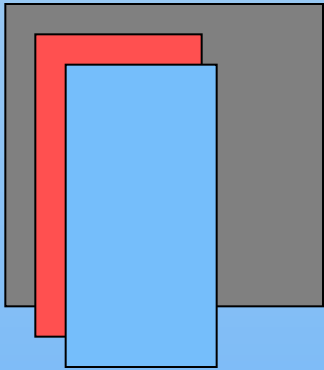


1. Алгоритм Коха (Koch)
2. Алгоритм Бенхама (Benham)
3. Алгоритм Подильчука (Podilchuk)
4. Алгоритм Хсу (Hsu)
5. Алгоритм Тао (Tao)

# СТАНДАРТ СЖАТИЯ JPEG

## Матричное дискретное косинусное преобразование (ДКП).

YCbCr



Каждая матрица цветового пространства разбивается на блоки размером 8 на 8 пикселей и к ним применяется ДКП

$$P_{DCT} = DCT * P * DCT^T,$$

где  $P$  – исходный блок изображения,  
 $DCT, DCT^T$  – матрицы ДКП (прямая и транспонированная).

## Квантование: основной этап сжатия.

Каждый элемент полученной матрицы коэффициентов ДКП делится нацело на соответствующий коэффициент матрицы квантования.

Шаги  
квантования  
для области  
низких частот

6	4	4	6	9	11	12	16
4	5	5	6	8	10	12	12
4	5	5	6	10	12	14	19
6	6	6	11	12	15	19	28
9	8	10	12	16	20	27	31
11	10	12	15	20	27	31	31
12	12	14	19	27	31	31	31
16	12	19	28	31	31	31	31

типичная матрица квантования

Шаги  
квантования  
для области  
высоких частот

# 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ

## Классификация коэффициентов области частотных преобразований

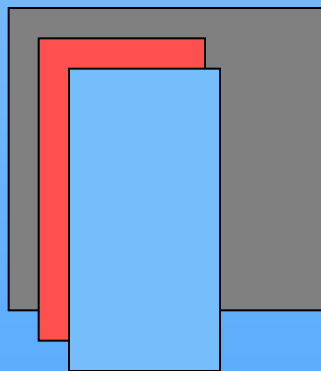
по частоте

- нулевая частота (DC);
- низкие частоты;
- средние частоты;
- высокие частоты;

DC	НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ
НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ
НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ
НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ
НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ

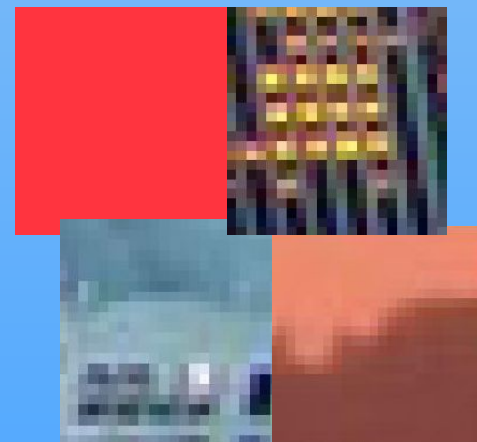
по типу матрицы

- матрица  $Y$ ;
- матрица  $S_b$ ;
- матрица  $S_r$ ;

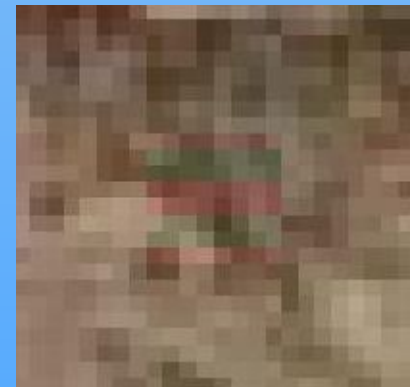
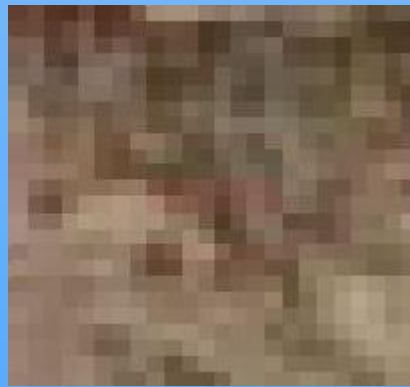


по характеру неоднородности блока

- однородные;
- слабо неоднородные;
- сильно неоднородные;
- с резким контуром;



# Исследования информативности высокочастотных коэффициентов цветowych матриц в слабо неоднородных областях

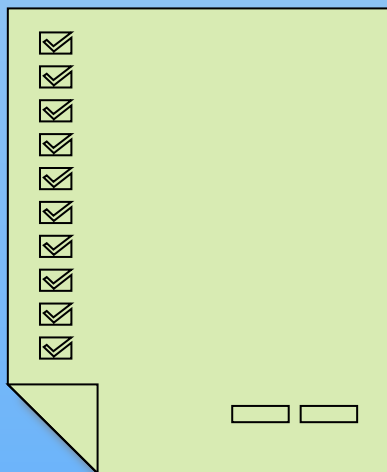


# Результаты исследования информативности коэффициентов ДКП

1. Яркостная матрица более пригодна для встраивания, чем цветовой.
2.  $S_b$ -матрица оказалась более пригодной для встраивания, чем  $S_r$ -матрица.
3. Наиболее пригодной для встраивания является сильно неоднородная область.
4. Предпочтительным является изменение спектра блока, при котором в спектр не добавляются новые частоты (то есть информация встраивается в ненулевые коэффициенты).
5. Наиболее пригодными являются коэффициенты с меньшей частотой (и с меньшим шагом квантования).

### 3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВСТРАИВАНИЯ

#### Основные требования к алгоритму встраивания



- Стойкость (скрытность);
- Адаптивность;
- Гибкость;
- Возможность повторного анализа;



# Стойкость алгоритма

Порядок	Матрица	Частотная группа	Тип области
1	Y	DC	Сильно неоднородная
2	Y	НЧ	Сильно неоднородная
3	Cb	DC	Сильно неоднородная
4	Cb	НЧ	Сильно неоднородная
5	Y	СЧ	Сильно неоднородная
6	Cb	СЧ	Сильно неоднородная
7	Cr	DC	Сильно неоднородная

# Адаптивность алгоритма

Предварительный анализ с сортировкой блоков изображения на три группы неоднородности: однородные, слабо неоднородные, сильно неоднородные

**фактор неоднородности**

$$H = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 |K_{i,j}| \cdot Q_{i,j} M_{i,j},$$

где  $K_{i,j}$  – коэффициент оцениваемого блока,

$Q_{i,j}$  – шаг квантования для соответствующего коэффициента (элемент матрицы квантования),

$M_{i,j}$  – значение элемента матрицы оценки неоднородности.

0	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	2	2	2	3
1	1	1	2	2	2	3	3
1	1	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	3	3	3	3
2	2	2	3	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3	3	3

матрица неоднородности

# Адаптивность алгоритма

низкочастотный фактор

$$F_L = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 |K_{i,j}| \cdot Q_{i,j} \cdot T_{i,j};$$

0	2	1	0	0	0	0	0
2	2	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

матрица низких частот

высокочастотный фактор

$$F_H = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 |K_{i,j}| \cdot Q_{i,j} \cdot G_{i,j};$$

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	2	2	2
0	0	1	1	2	2	2	2
0	1	1	2	2	2	2	3
0	1	2	2	2	2	3	3
0	1	2	2	2	3	3	3
0	1	2	2	3	3	3	3

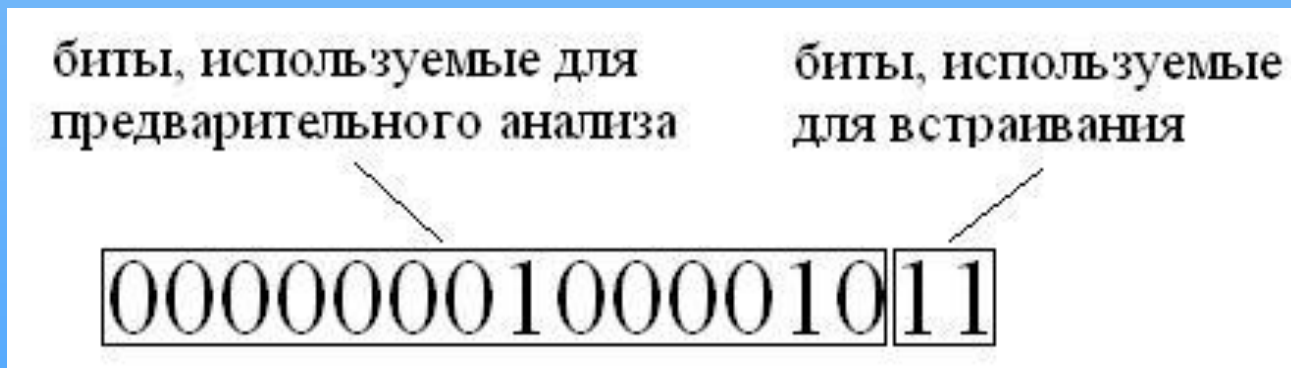
матрица высоких частот

# Возможность повторного анализа

Предварительный анализ должен давать одинаковые результаты для пустого и заполненного контейнера, что позволяет извлекать встроенную информацию.

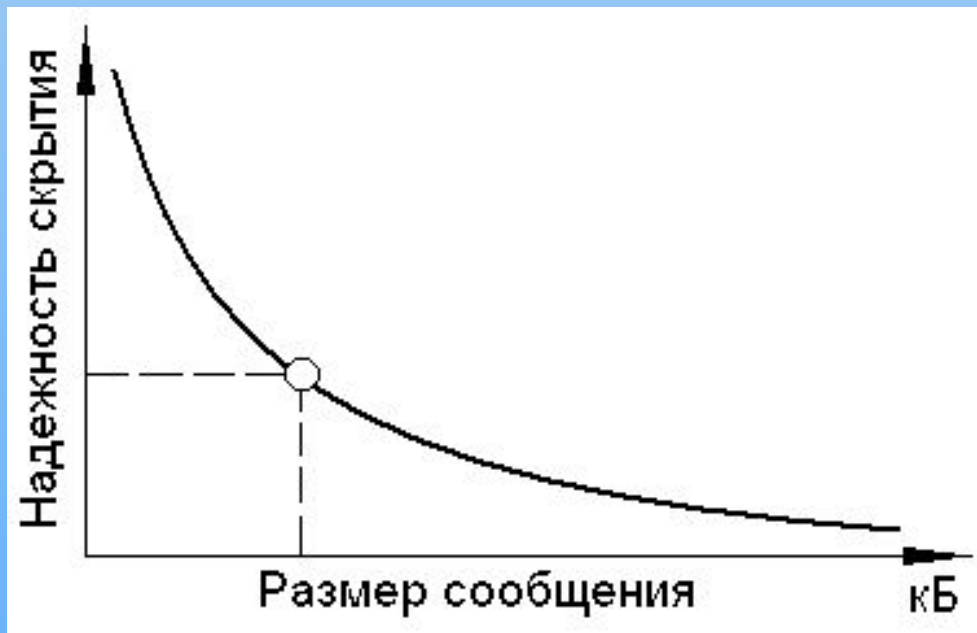
Достигается за счет исключения из анализа битов частотных коэффициентов, которые могут использоваться для встраивания, при определении степени неоднородности блока.

**Коэффициент может использоваться для встраивания только в том случае, если среди битов, используемых для анализа, присутствует хотя бы один ненулевой!**



# Гибкость встраиваемых объемов

Зависимость надежности скрытия от размера встраиваемого сообщения при фиксированном контейнере



Алгоритм должен позволять задействовать для встраивания лишь необходимый минимум коэффициентов в наиболее приспособленных блоках.

# Гибкость встраиваемых объемов

Вводим уровни безопасности.

- Каждый уровень имеет описание, позволяющее для любого блока однозначно определить какое количество бит и в какие коэффициенты будет встраиваться.
- Первый уровень самый безопасный, но позволяет встраивать сообщения небольших размеров.
- Каждый последующий уровень получается из предыдущего путем вовлечения во встраивание новых групп коэффициентов, увеличения количества используемых для встраивания коэффициентов уже используемых групп и т.д.
- Большое количество уровней повышает гибкость, но усложняет реализацию алгоритма и его вычислительную сложность.

# Последовательность действий при модификации спектра

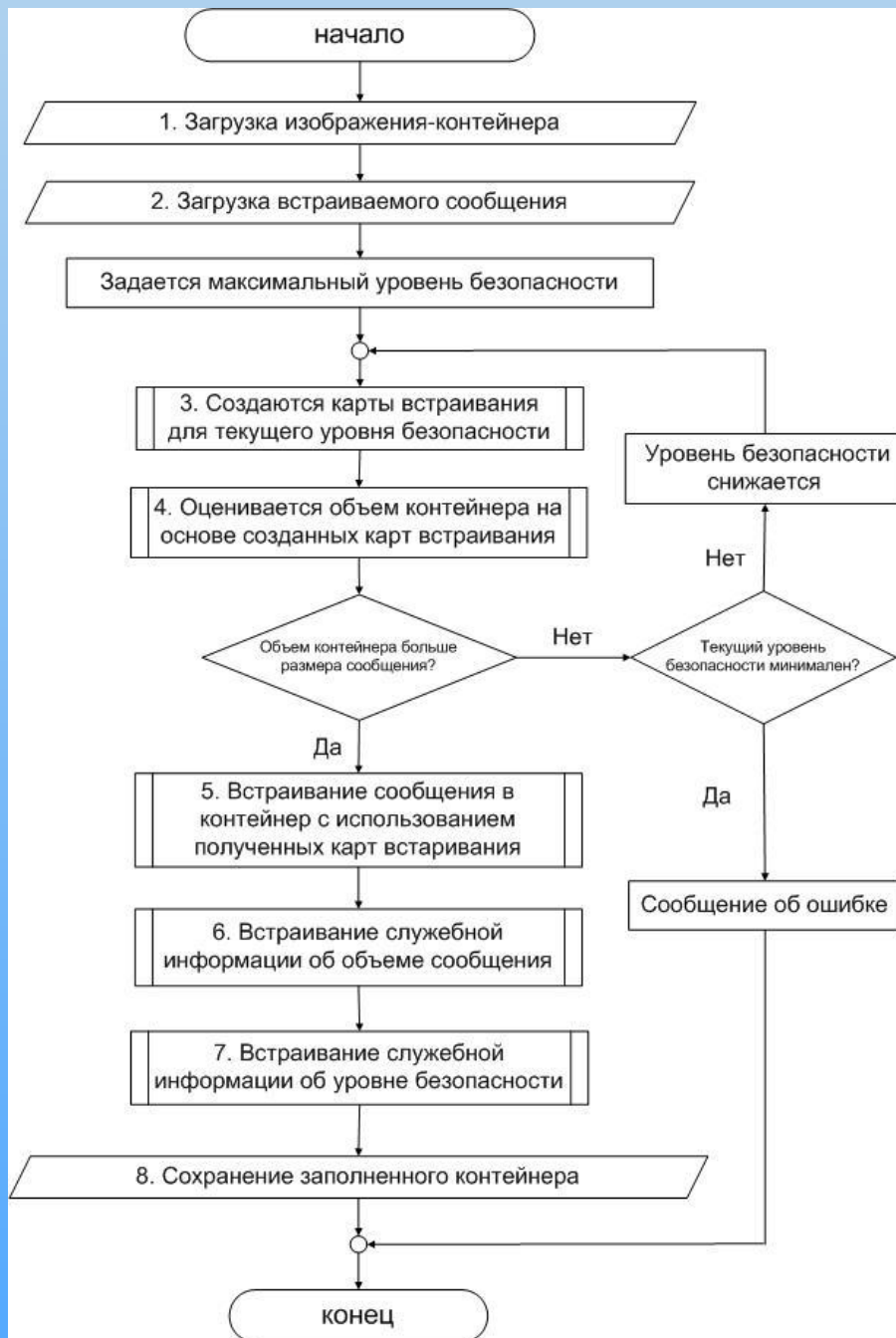
определение уровня безопасности

Тип матрицы	Тип блока	Частота	Кол-во бит	Кол-во
Y	сильно неоднородный	DC	2	-
Y	сильно неоднородный	НЧ	1	2
Y	сильно неоднородный	СЧ	1	1
Сb	сильно неоднородный	DC	1	-

блок для встраивания

35	4	2	4	0	0	0	0	0
1	2	3	0	0	0	0	0	0
1	5	1	2	1	0	0	0	0
0	3	4	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

DC	НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ
НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ
НЧ	НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ
НЧ	НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ
НЧ	НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
НЧ	СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
СЧ	СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ
СЧ	СЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ	ВЧ





# Реализация алгоритма

**TestJpeg** *файлКонтейнер* *файлЗапКонтейнер* *файлСообщ*  
*уровень*

***файлКонтейнер*** – имя пустого контейнера, файла в формате JPEG;  
***файлЗапКонтейнер*** – имя, под которым будет сохранен заполненный контейнер.

***файлСообщ*** – файл, содержащий сообщение;

***уровень*** – используемый уровень безопасности;



**Пустой контейнер (разрешение 800x600,  
размер 123665 байт)**



**Заполненный контейнер (разрешение 800x600,  
размер 125015 байт, встроено 40196 бит)**



# Результаты работы

- Исследована информативность коэффициентов ДКП, выявлены наиболее пригодные для встраивания области изображения. Результаты опубликованы в журнале «Электроника-инфо».
- Создан механизм предварительного адаптивного анализа, основанный на сортировке блоков в соответствии с разработанными критериями сортировки.
- Создана концепция уровней безопасности, придающая алгоритму встраивания гибкость относительно встраиваемых объемов.
- Алгоритм встраивания реализован C++.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

