

Применение стеганографических методов для занесения идентифицирующей информации в растровые изображения

Исполнитель: студент группы ИВТ-464
Попов Е. Ю.

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры
САПР и ПК Садовникова Н. П.

Актуальность работы

- Широкое развитие мультимедийных технологий.
- Проблема защиты прав собственности на информацию, представленную в цифровом виде.
- Ограничение на использование криптосредств в ряде стран мира.

Цель работы: минимизация визуальных искажений изображения при занесении в него идентифицирующей информации.

Задачи:

- 1) Анализ методов встраивания данных в растровые изображения
- 2) Анализ программного обеспечения для встраивания данных в растровые изображения
- 3) Разработка метода занесения данных в растровые изображения
- 4) Реализация программного модуля занесения данных в растровые изображения. Реализация программного модуля извлечения данных из растровых изображений
- 5) Оценка визуальных искажений, вносимых разработанным методом встраивания данных в растровые изображения

Обзор методов встраивания данных в растровые изображения

Метод	Область скрытия	Максимальное отношение «сигнал/шум»	Устойчивость к JPEG сжатию	Устойчивость к JPEG2000 сжатию
Метод НЗБ и его вариации	пространственная	170 - 233 дБ	неустойчивы	неустойчивы
Метод замены палитры	пространственная	218 дБ	неустойчив	неустойчив
Метод квантования	пространственная	227 дБ	неустойчив	неустойчив
Метод вариации яркости	пространственная	90 дБ	устойчив при малом коэффициенте сжатия (100% качество)	устойчив при малом коэффициенте сжатия (100% качество)
Методы, использующие ДКП	частотная	52 – 120 дБ	устойчивы при малом коэффициенте сжатия (100% качество)	неустойчивы
Методы, использующие вейвлет - преобразования	частотная	35-70 дБ	неустойчивы	устойчивы при малом коэффициенте сжатия (100% качество)

Обзор программного обеспечения для встраивания данных в растровые изображения

Название	Поддерживаемые форматы файлов изображений	Цена	Используемый метод скрытия
Steganos Privacy Suite 11	*.bmp	69,95\$	НЗБ
S-Tools 4	*.bmp, *.gif	бесплатно	НЗБ
ImageSpyer 2009	*.bmp, *.tiff	бесплатно	Собственная реализация НЗБ
JSTEG	*.jpg	бесплатно	НЗБ в отличных от нуля квантованных коэффициентах блоков изображения
Gifshuffle	*.gif	бесплатно	Метод замены палитры

Двумерная версия дискретного косинусного преобразования (ДКП)

Прямое ДКП:

$$\Omega(u, v) = \frac{\zeta(u) \cdot \zeta(v)}{\sqrt{2N}} \cdot \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} C(x, y) \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot u \cdot (2x + 1)}{2N}\right] \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot v \cdot (2y + 1)}{2N}\right]$$

Обратное ДКП:

$$S(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \cdot \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \zeta(u) \cdot \zeta(v) \cdot \Omega(u, v) \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot u \cdot (2x + 1)}{2N}\right] \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot v \cdot (2y + 1)}{2N}\right]$$

$C(x, y)$ – элементы оригинального изображения размерностью $N \times N$;

$S(x, y)$ – элементы восстановленного по коэффициентам ДКП изображения размерностью $N \times N$;

x, y – пространственные координаты пикселей изображения;

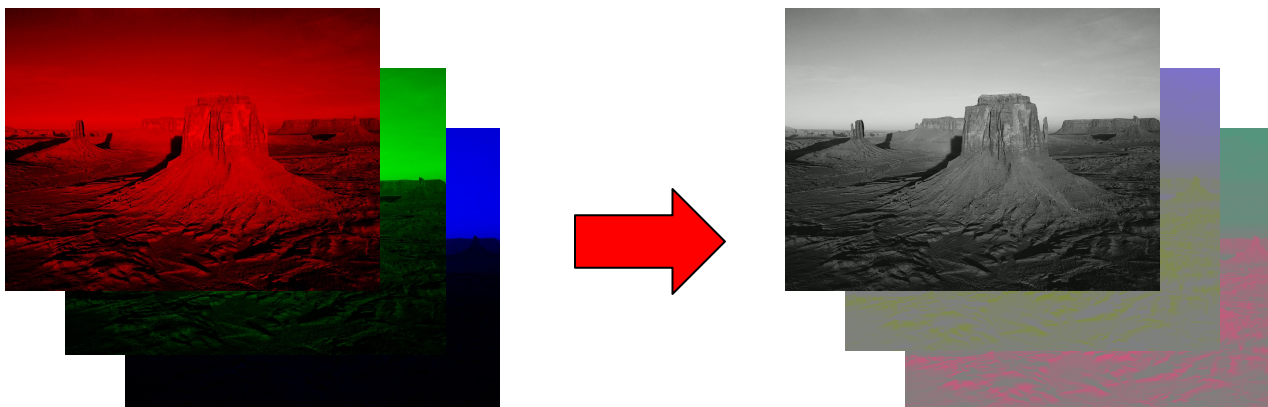
$\Omega(u, v)$ – массив коэффициентов ДКП;

u, v – координаты в частотной области

Алгоритм скрытия данных в изображении

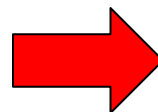
1. Представить данные для встраивания в виде последовательности бит.
2. Перевести изображение из цветовой модели RGB в модель YCbCr (YUV).
3. Разбить матрицу яркости Y на блоки 8x8 пикселей.
4. Выполнить ДКП над каждым блоком.
5. Выбрать в каждом блоке две пары коэффициентов ДКП из низкочастотной или среднечастотной области.
6. Встроить два бита данных в блок коэффициентов ДКП.
7. Провести обратное ДКП над каждым блоком.
8. Перевести изображение из цветовой модели YCbCr (YUV) в модель RGB.

Перевод изображения из цветового пространства RGB в пространство YCbCr (YUV)



Выполнение ДКП над блоком 8x8 матрицы яркости Y

227	209	194	195	197	189	176	167
192	191	196	198	193	181	174	173
183	173	167	176	188	190	186	180
202	183	162	156	168	180	187	188
202	201	190	172	155	157	174	189
180	187	192	187	178	177	177	178
168	169	172	181	194	200	186	170
173	176	178	177	180	185	182	175



1460	24	10	17	0	0	0	0
29	32	7	10	12	0	-1	1
21	6	-40	13	1	0	1	0
20	36	0	-15	0	1	0	-1
1	22	37	0	0	0	-1	0
0	-19	0	32	0	-1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
-1	0	0	1	0	0	-1	-1

Встраивание бит данных в блок коэффициентов ДКП

- 1) Выбор порогового значения P разности модулей коэффициентов ДКП
- 2) Занесение бита данных:

$$\begin{cases} |\Omega_b(u_1, v_1)| - |\Omega_b(u_2, v_2)| > P, \text{ при } m_i = 0 \\ |\Omega_b(u_1, v_1)| - |\Omega_b(u_2, v_2)| < -P, \text{ при } m_i = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} |\Omega_b(u_3, v_3)| - |\Omega_b(u_4, v_4)| > P, \text{ при } m_{i+1} = 0 \\ |\Omega_b(u_3, v_3)| - |\Omega_b(u_4, v_4)| < -P, \text{ при } m_{i+1} = 1 \end{cases}$$

$|\Omega_b(u_1, v_1)|$ - модуль 1-го коэффициента ДКП

$|\Omega_b(u_2, v_2)|$ - модуль 2-го коэффициента ДКП

$|\Omega_b(u_3, v_3)|$ - модуль 3-го коэффициента ДКП

$|\Omega_b(u_4, v_4)|$ - модуль 4-го коэффициента ДКП

m_i, m_{i+1} - биты данных для встраивания

Модификация блока коэффициентов ДКП

Встраиваемые биты данных:

0 для первой пары коэффициентов ДКП;

1 для второй пары коэффициентов ДКП.

Пороговое значение разности коэффициентов ДКП $P = 5$

Исходный блок ДКП

1460	24	10	17	0	0	0	0
29	32	7	10	12	0	-1	1
21	6	-40	13	1	0	1	0
20	36	0	-15	0	1	0	-1
1	22	37	0	0	0	-1	0
0	-19	0	2	0	-1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
-1	0	0	1	0	0	-1	-1

Модифицированный блок ДКП

1460	24	10	17	0	0	0	0
29	32	7	10	12	0	-1	1
21	6	-40	13	1	0	1	0
20	36	0	-15	0	6	0	-1
1	22	37	0	0	0	-1	0
0	-19	0	6	0	-1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0
-1	0	0	1	0	0	-1	-1

Блок матрицы Y

229	207	195	195	198	191	175	169
193	190	194	199	195	179	176	175
183	175	166	177	190	189	189	178
203	181	164	157	167	182	185	189
200	201	192	173	157	156	172	191
179	188	193	188	180	178	175	179
170	172	170	183	192	201	187	172
174	177	178	177	182	183	181	177



- низкочастотные компоненты



- среднечастотные компоненты



- высокочастотные компоненты



- первая пара коэффициентов ДКП

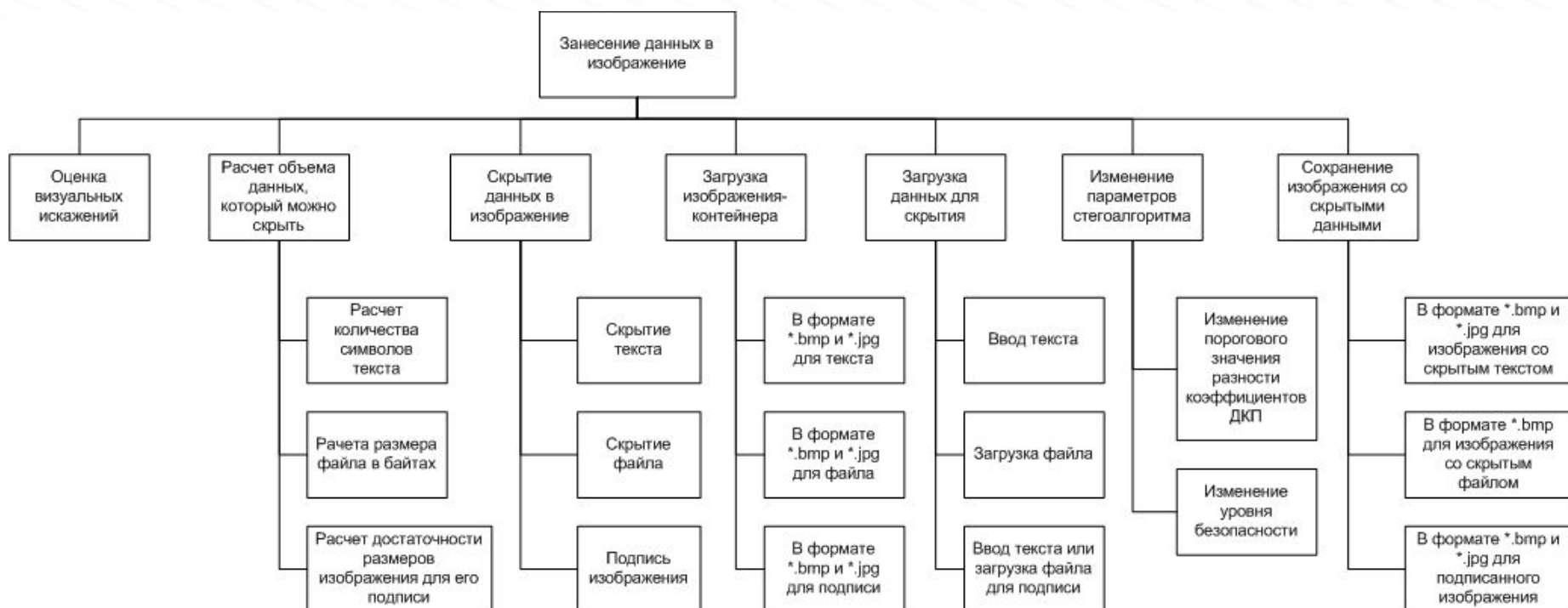


- вторая пара коэффициентов ДКП

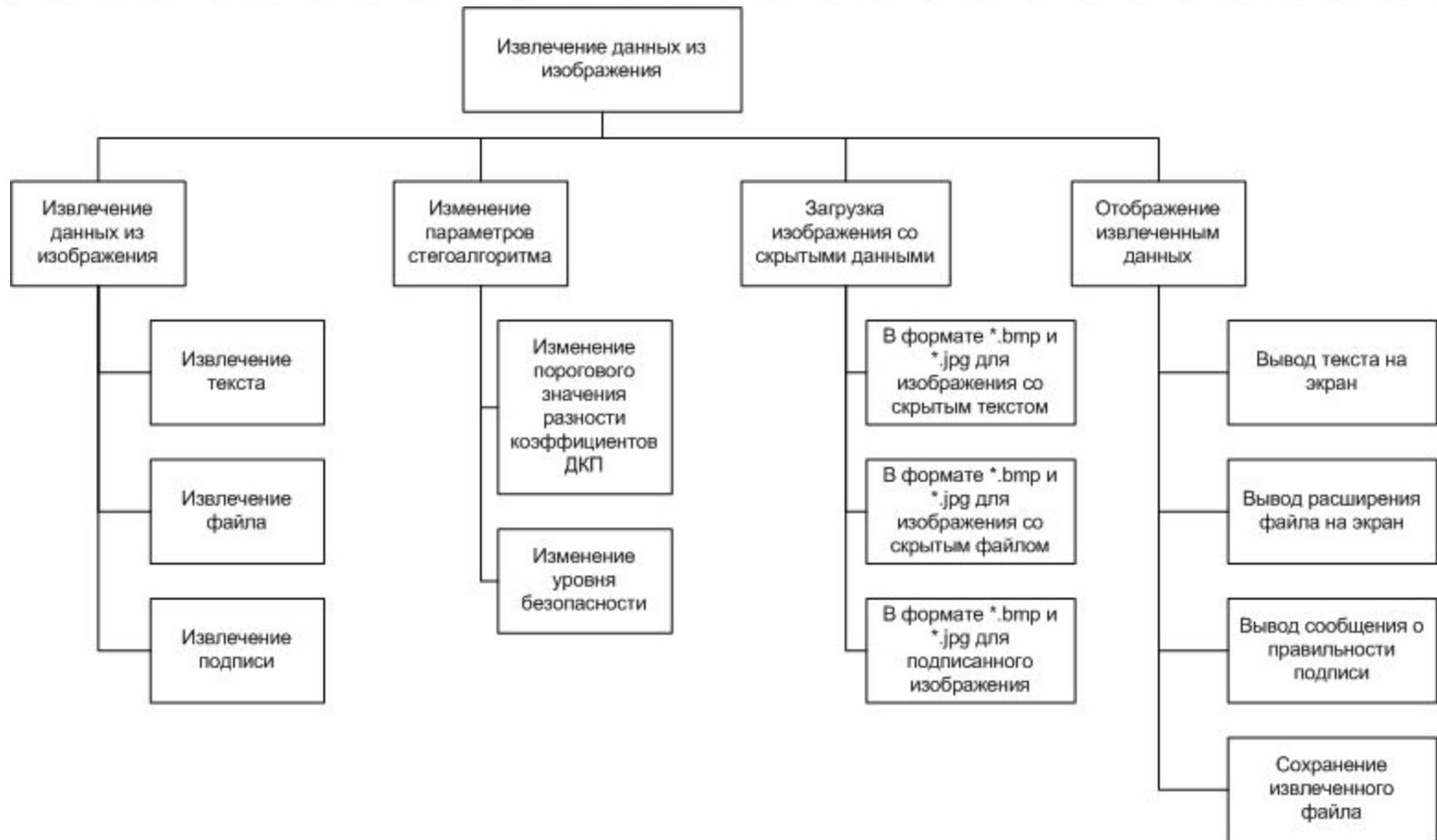


- модифицированные коэффициенты ДКП

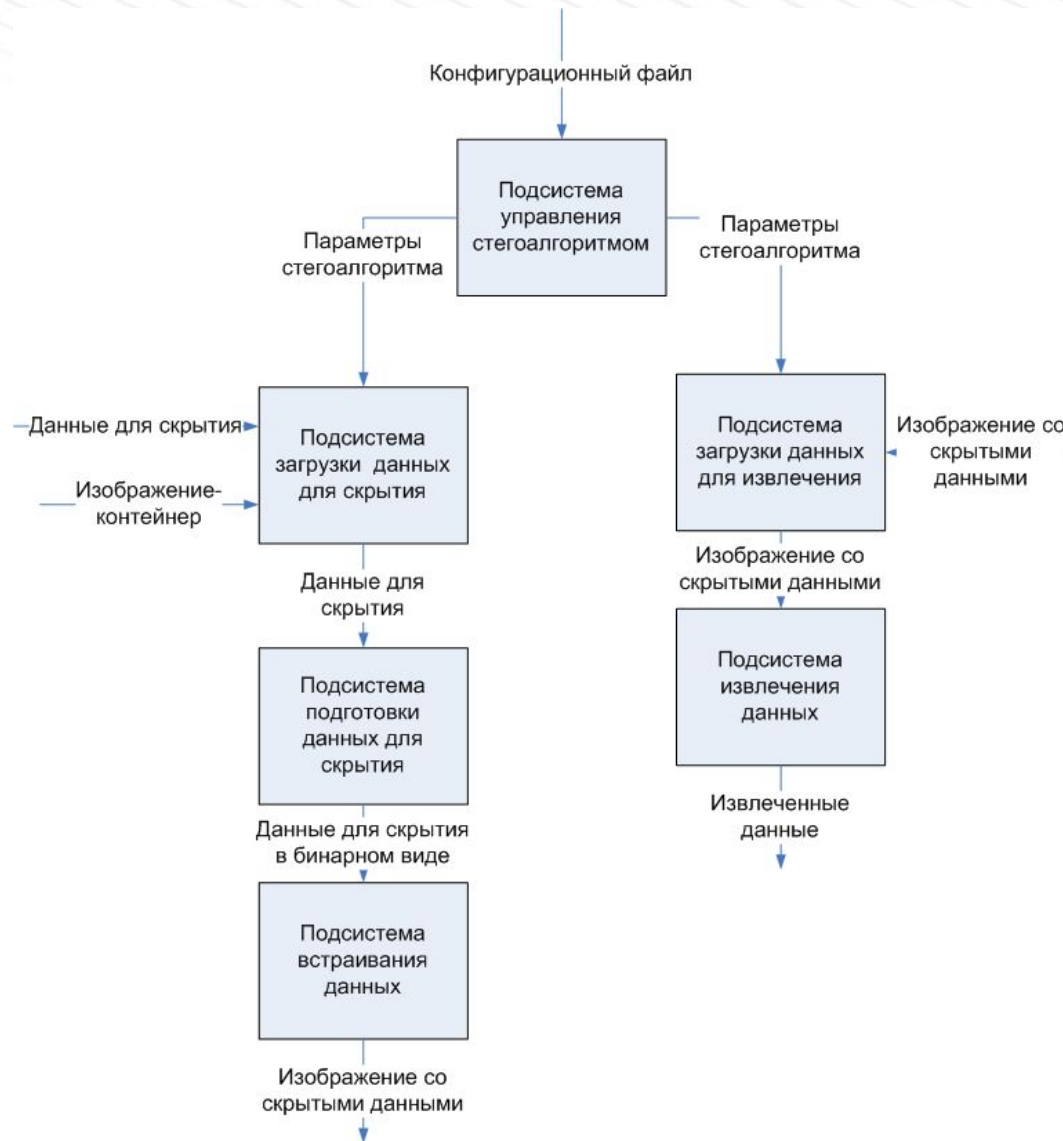
Функциональная структура модуля встраивания данных



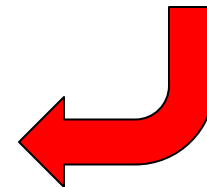
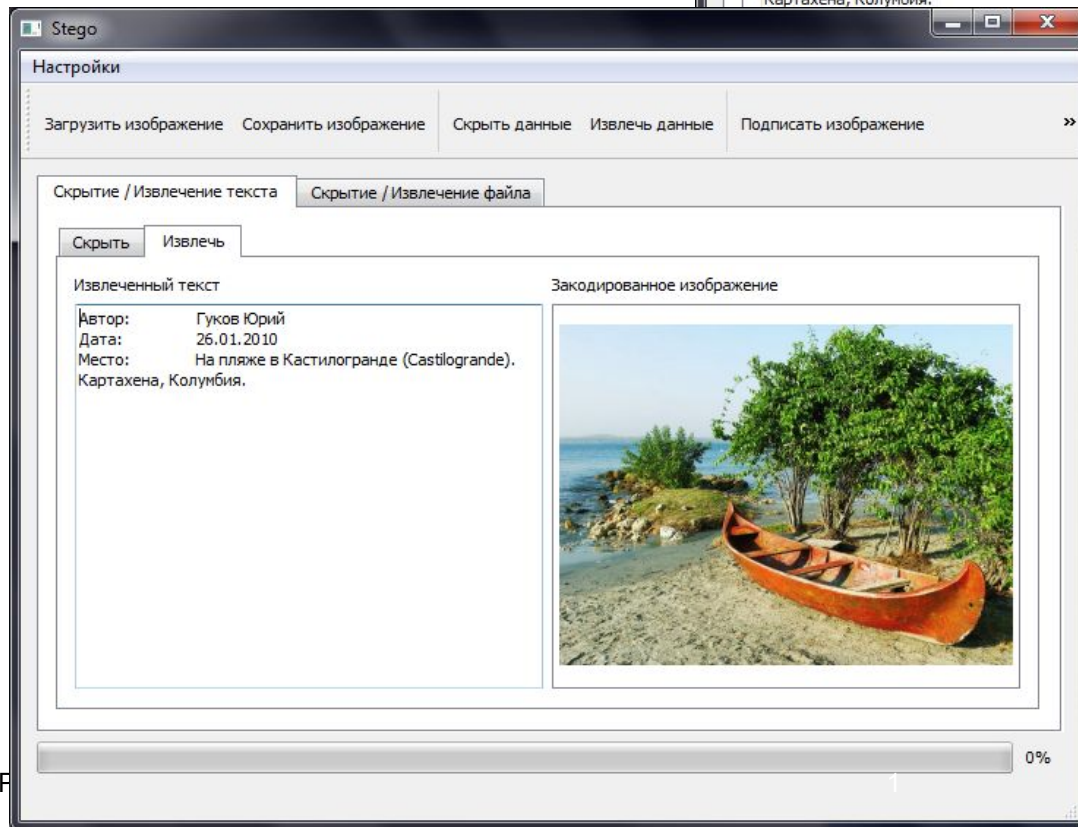
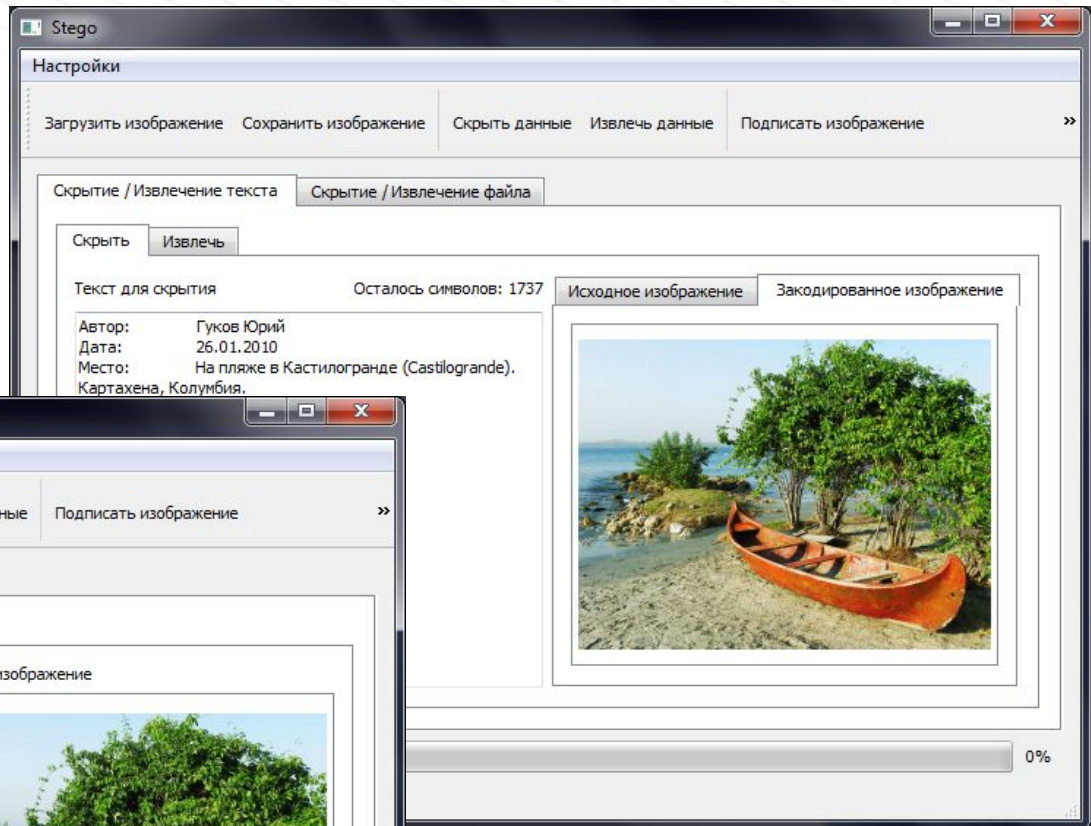
Функциональная структура модуля извлечения данных



Структура программы



Экранные формы работы программы



Оценка визуальных искажений, вносимых разработанным методом встраивания данных в растровые изображения

Мера вносимой ошибки:

Максимальное отношение «сигнал/шум»:

$$PSNR = 10 \log_2 \frac{N \cdot 255^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

N – число пикселей в изображении;

x_i, \hat{x}_i - значения пикселей исходного и восстановленного изображений соответственно

Оценка визуальных искажений, вносимых разработанным методом встраивания данных в растровые изображения

Исходное изображение
800x599 пикселей
Объем на диске: 287 259 байт



Изображение со скрытым текстом
объемом 113 байт
800x599 пикселей
Объем на диске: 288 098 байт



$P = 5$; PSNR = 72,3 дБ

Сравнение разработанного метода с проанализированными

Метод	Область скрытия	Максимальное отношение «сигнал/шум»	Устойчивость к JPEG сжатию	Устойчивость к JPEG2000 сжатию
Метод НЗБ и его вариации	пространственная	170 - 233 дБ	неустойчивы	неустойчивы
Метод замены палитры	пространственная	218 дБ	неустойчив	неустойчив
Метод квантования	пространственная	227 дБ	неустойчив	неустойчив
Метод вариации яркости	пространственная	90 дБ	устойчив при малом коэффициенте сжатия (100% качество)	устойчив при малом коэффициенте сжатия (100% качество)
Методы, использующие ДКП	частотная	52 – 120 дБ	устойчивы при малом коэффициенте сжатия (100% качество)	неустойчивы
Методы, использующие вейвлет - преобразования	частотная	35-70 дБ	неустойчивы	устойчивы при малом коэффициенте сжатия (100% качество)
Разработанный метод	частотная	~70 дБ	устойчив при среднем коэффициенте сжатия (75-100% качество)	неустойчив

Основные результаты и выводы

- 1) Произведен анализ методов встраивания данных в растровые изображения.
- 2) Произведен анализ программного обеспечения встраивания данных в растровые изображения. Выявлен недостаток коммерческих продуктов с устойчивыми к JPEG сжатию алгоритмами работы.
- 3) Разработан метод встраивания данных в растровые изображения, минимизирующий визуальные искажения.
- 4) Реализован и апробирован программный модуль встраивания данных в изображения. Реализован и апробирован программный модуль извлечения данных из изображения.
- 5) Проведена оценка визуальных искажений изображения, вносимых разработанным методом.

Перспективы дальнейшего развития

- 1) Разработка алгоритма встраивания данных в видеофайлы на основе разработанной методики.
- 2) Разработка алгоритмов занесения информации в аудиофайлы.
- 3) Создание единой системы занесения данных в мультимедийные файлы.
- 4) Применение разработанного метода для защиты программного обеспечения.

Спасибо за внимание!