

Лабораторная работа 3: Исследование стойкости систем цифровых водяных знаков к искажениям носителя информации

Задания

В лабораторной работе необходимо выполнить исследование устойчивости системы встраивания ЦВЗ, реализованной в лабораторной работе 2, к нескольким искажениям, определяемым вариантом задания. После успешной сдачи практической части задания студентам необходимо ответить на один контрольный вопрос, заданный преподавателем. Результаты сравнения встроенного и извлечённого ЦВЗ для каждого искажения и для каждого значения параметра необходимо сохранить и вывести на экран в виде графиков.

В лабораторной работе предлагается исследовать стойкость систем к следующим искажениям носителя информации:

1. Contrast – Линейное изменение динамического диапазона функции яркости

Заключается в линейном поэлементном преобразовании изображения:

$$\widetilde{C}^W(n_1, n_2) = \min\{\alpha C^W(n_1, n_2), 255\}, \quad \alpha \in \mathbb{R}, \alpha > 0. \quad (9.15)$$

Параметром является коэффициент α при значении функции яркости.

2. RotRest – Поворот с последующим восстановлением

В данном искажении необходимо произвести два последовательных поворота изображения: на некоторый угол φ и на обратный ему угол $-\varphi$. При первом повороте важно увеличить размер изображения, чтобы не допустить обрезки углов.

Параметром является угол поворота φ .

3. Rotation – Поворот без восстановления

В данном искажении необходимо произвести поворот изображения на некоторый угол φ с обрезкой полученного изображения таким образом, чтобы оно сохранило свой размер.

Параметром является угол поворота φ .

4. ScaleRest – Масштабирование с последующим восстановлением

Заключается в последовательном выполнении операций изменения размера изображения и его возвращения его в исходный размер.

Параметром является коэффициент масштабирования.

5. Scale – Масштабирование

Заключается в изменении размера изображения с последующим до-
полнением его до исходного размера нулями (в случае, если оно было
уменьшено) или обрезкой (в случае, если оно было увеличено).

Параметром является коэффициент масштабирования.

6. Cut – Обрезка с заменой данными из исходного контейнера

Данное искажение заключается в вырезании из носителя информа-
ции размерами $N_1 \times N_2$ прямоугольной области с теми же пропорциями,
начинающейся в точке с координатами (0,0) и составляющей долю ϑ от его
площади. Оставшаяся часть заменяется значениями из исходного контей-
нера

$$\widetilde{C^W}(n_1, n_2) = \begin{cases} C^W(n_1, n_2), & n_1 \leq \lfloor N_1 \sqrt{\vartheta} \rfloor, n_2 \leq \lfloor N_2 \sqrt{\vartheta} \rfloor, \\ C(n_1, n_2), & n_1 > \lfloor N_1 \sqrt{\vartheta} \rfloor, n_2 > \lfloor N_2 \sqrt{\vartheta} \rfloor. \end{cases} \quad (9.16)$$

Параметром является доля ϑ .

7. CyclicShift – Циклический сдвиг изображения

Данное искажение заключается в циклическом сдвиге пикселей
изображения на долю r от высоты N_1 по вертикали и на долю r от ширины
 N_2 по горизонтали:

$$\begin{aligned} \widetilde{C^W}(n_1, n_2) &= \\ &= C^W((n_1 + \lfloor rN_1 \rfloor) \bmod N_1, (n_2 + \lfloor rN_2 \rfloor) \bmod N_2). \end{aligned} \quad (9.17)$$

Параметром является доля r .

8. Smooth – Усреднение в скользящем окне

Под усреднением в скользящем окне будем понимать обработку
изображения C^W ЛИС-системой, имеющей конечную импульсную характе-
ристику $g(m_1, m_2)$ размерами $M \times M$, где $M = 2p + 1, p \in \mathbb{N}$:

$$\widetilde{C^W}(n_1, n_2) = \sum_{m_1=0}^{M-1} \sum_{m_2=0}^{M-1} g(m_1, m_2) \cdot C^W(n_1 - m_1, n_2 - m_2), \quad (9.18)$$

причём отсчёты ИХ постоянны и равны $1/M^2$. Например, для $M = 3$

$$g(m_1, m_2) = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Параметром является размер окна M .

9. GaussBlur – Гауссовское размытие

Заключается в обработке изображения ЛИС-системой с бесконечной импульсной характеристикой $g(m_1, m_2)$:

$$\begin{aligned} \bar{C}^W(n_1, n_2) = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} g(m_1, m_2) \\ \cdot C^W(n_1 - m_1, n_2 - m_2), \end{aligned} \quad (9.19)$$

имеющей вид функции Гаусса:

$$g(m_1, m_2) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{m_1^2 + m_2^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad m_1, m_2 \in (-\infty, \infty). \quad (9.20)$$

На практике свёртка с БИХ-фильтром (9.19) заменяется свёрткой с КИХ-фильтром (9.18), который описывается следующим выражением:

$$g(m_1, m_2) = K \cdot \exp\left\{-\frac{(m_1 - M/2)^2 + (m_2 - M/2)^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad (9.21)$$

где M – размер окна, определяемый по правилу «трёх сигма»:

$$M = 2 \cdot \lfloor 3\sigma \rfloor + 1, \quad (9.22)$$

а коэффициент K находится из условия нормировки

$$\sum_{m_1=0}^{M-1} \sum_{m_2=0}^{M-1} g(m_1, m_2) = 1. \quad (9.23)$$

Параметром преобразования является значение σ .

10. Sharpen – Повышение резкости

Заключается в следующем преобразовании входного изображения:

$$\bar{C}^W(n_1, n_2) = C^W(n_1, n_2) + A(C^W(n_1, n_2) - C_{smooth}^W(n_1, n_2)), \quad (9.24)$$

где C_{smooth}^W – результат усреднения C^W в окне размерами $M \times M$ (искажение 5 текущего списка), а $A > 0$ – коэффициент усиления разностного изображения.

В качестве изменяемого параметра преобразования будем использовать M , а A примем равным 5.

11. Median – Медианная фильтрация

Медианный фильтр реализуется как процедура локальной обработки скользящим окном различной формы (в настоящей лабораторной работе предлагается использовать квадратное окно размерами $M \times M$, причём M – нечётное).

Процедура обработки заключается в том, что для каждого положения окна попавшие в него отсчеты упорядочиваются по возрастанию значений. Средний отсчет в этом упорядоченном списке называется *медианой*

рассматриваемой группы. Эта медиана заменяет центральный отсчет в окне для обработанного сигнала.

Параметром является размер окна M .

12. WhNoise – Аддитивное зашумление

Заключается в добавлении к изображению поля $\xi(n_1, n_2)$:

$$\bar{C}^W(n_1, n_2) = C^W(n_1, n_2) + \xi(n_1, n_2), \quad (9.25)$$

значения которого являются реализацией гауссовской случайной величины с плотностью распределения

$$\rho_{\xi}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D_{\xi}}} \exp\left(-\frac{x^2}{2D_{\xi}}\right). \quad (9.26)$$

Параметром является дисперсия шума D_{ξ} .

13. SaltPepper – Зашумление типа «соль-и-перец»

Заключается в добавлении к изображению по формуле (9.25) поля $\xi(n_1, n_2)$, доля $q/2$ пикселей которого содержит значение 255, доля $q/2$ пикселей которого содержит значение -255 , а оставшаяся доля $1 - q$ содержит значение 0. При выходе за максимальное или минимальное значение в каждом пикселе осуществляется приведение к 255 или к нулю соответственно.

Параметром является доля изменяемых точек q .

14. JPEG – Сжатие с потерями в формате JPEG

Искажение заключается в сохранении носителя информации в формате JPEG и последующем восстановлении его в формате без потерь.

Параметром является показатель качества JPEG-файла QF , изменяемый в пределах от 1 до 100.

Таблица параметров искажений

№ искажения	Параметр p	p_{min}	p_{max}	Δ_p
Contrast	Коэффициент α	0.7	1.3	0.1
RotRest	Угол поворота φ (в градусах)	0	42	7
Rotation	Угол поворота φ (в градусах)	1	90	8.9
ScaleRest	К-т масштабирования	0.55	1.45	0.15
Scale	К-т масштабирования	0.55	1.45	0.15
Cut	Доля площади ϑ	0.2	0.9	0.1
CyclicShift	Доля сдвига r	0.1	0.9	0.1
Smooth	Размер окна M	3	15	2
GaussBlur	Параметр размытия σ	1	4	0.5

Sharpen	Размер окна M	3	15	2
Median	Размер окна M	3	15	2
WhNoise	Дисперсия шума D_{ξ}	400	1000	100
SaltPepper	Доля точек q	0.05	0.5	0.05
JPEG	Параметр качества QF	30	90	10

Таблица вариантов заданий

№ (var)	Искаже- ние 1	Искаже- ние 2	Искаже- ние 3	Искаже- ние 4	Дополнитель- ное исследо- вание
1	Contrast	Smooth	RotRest	–	–
2	Contrast	CyclicShift	Rotation	–	–
3	JPEG	CyclicShift	RotRest	–	–
4	JPEG	Smooth	Rotation	–	–
5	Cut	RotRest	Smooth	WhNoise	2 искажения
6	Cut	RotRest	GaussBlur	WhNoise	2 искажения
7	Cut	RotRest	Sharpen	WhNoise	Beta: MSE
8	Cut	ScaleRest	Median	SaltPepper	Beta: Laplace
9	Cut	ScaleRest	Smooth	SaltPepper	2 искажения
10	Cut	Rotation	GaussBlur	SaltPepper	2 искажения
11	Cut	Rotation	Sharpen	JPEG	Beta: MSE
12	Cut	Scale	Median	JPEG	Beta: Laplace
13	Cut	Scale	Smooth	JPEG	2 искажения
14	Cut	Scale	GaussBlur	WhNoise	2 искажения
15	CyclicShift	RotRest	Sharpen	WhNoise	Beta: MSE
16	CyclicShift	RotRest	Median	WhNoise	Beta: Laplace
17	CyclicShift	ScaleRest	Smooth	SaltPepper	2 искажения
18	CyclicShift	ScaleRest	GaussBlur	SaltPepper	2 искажения
19	CyclicShift	ScaleRest	Sharpen	SaltPepper	Beta: MSE
20	CyclicShift	Rotation	Median	SaltPepper	Beta: Laplace
21	CyclicShift	Rotation	Smooth	JPEG	2 искажения
22	CyclicShift	Rotation	GaussBlur	JPEG	2 искажения
23	CyclicShift	Scale	Sharpen	JPEG	Beta: MSE
24	CyclicShift	Scale	Median	JPEG	Beta: Laplace

Согласно приведённой таблице, для вариантов 1-4 необходимо исследовать стойкость СВИ к трём искажениям, а для вариантов 5-24 – к

четырёх. Также для вариантов 5-24 требуется осуществить дополнительное исследование по вариантам:

- «Beta: MSE», «Beta: Laplace» - взять для сравнения вариант СВИ, реализованный в лабораторной работе 2, в котором итоговым носителем информации является взвешенная сумма контейнера и результата встраивания ЦВЗ в спектр. Далее для этого варианта СВИ выполнить все те же исследования стойкости и сравнить результаты с базовой СВИ без опции взвешивания;
- «2 искажения» - по результатам исследования стойкости СВИ выбрать два искажения из числа рассмотренных, по отношению к которым система обладает наибольшей стойкостью. Далее применить последовательно к носителю информации одно и другое искажение, используя все сочетания параметров, и составить таблицу, характеризующую стойкость СВИ к комбинации двух выбранных искажений. Сделать вывод по результатам эксперимента.

Контрольные вопросы

1. Классификация систем встраивания информации по стойкости.
1. Как на практике могут применяться стойкие системы ЦВЗ?
2. Как на практике могут применяться хрупкие и полухрупкие системы ЦВЗ?
3. Классификация атак на СВИ по целям.
4. Классификация атак на СВИ по знаниям нарушителя.
5. Опишите принцип медианной фильтрации изображения. Сравните её эффективность для устранения шума типа «соль-и-перец» с усреднением в скользящем окне.
6. Опишите процедуру гауссовского размытия изображения и способ выбора окна фильтра.
7. Сопоставьте сглаживающий фильтр (Smooth) и гауссовский фильтр.
8. Опишите смысл и существо процедуры повышения резкости.
9. Перечислите (и при необходимости кратко опишите) основные виды искажений, применяемых к носителю информации для исследования стойкости системы.
10. Перечислите основные свойства вашей СВИ и её отличительные особенности: типы процедур встраивания и извлечения информации, область встраивания и пр.