

## Лабораторная работа 2: Встраивание ЦВЗ в спектр изображений на основе технологии расширения спектра

### Задания

В рамках выполнения лабораторной работы необходимо выполнить задания из списка основных по вариантам, отмеченным в таблице ниже, а также ответить на один контрольный вопрос. Вопросы выбирает преподаватель. Также студент по желанию может выполнить одно из дополнительных заданий после основных.

### *Основные задания*

1. Реализовать генерацию ЦВЗ  $\Omega$  как псевдослучайной последовательности заданной длины из чисел, распределённых по нормальному закону.
2. Реализовать трансформацию исходного контейнера к пространству признаков согласно варианту задания.
3. Осуществить встраивание информации методом, определяемым вариантом задания. Значения параметра встраивания устанавливается произвольным образом.
4. Сформировать носитель информации при помощи обратного преобразования от матрицы признаков к цифровому сигналу. Сохранить его на диск.
5. Считать носитель информации из файла и повторно выполнить п. 2 для носителя информации.
6. Сформировать оценку встроенного ЦВЗ  $\tilde{\Omega}$  неслепым методом (то есть с использованием матрицы признаков исходного контейнера); выполнить детектирование при помощи функции близости  $\rho(\Omega, \tilde{\Omega})$  вида (6.11).
7. Осуществить автоматический подбор значения параметра встраивания методом перебора с целью обеспечения заданного значения функции близости  $\rho$  или уровня визуального качества PSNR изображения – носителя информации (по вариантам).
8. [Варианты 5-24] Выполнить дополнительное исследование полученной системы встраивания информации по вариантам.

### *Дополнительные задания*

9. Реализовать расчёт любого взвешенного по частотам показателя качества изображений (они могут называться ЧВ СКП, weighted signal-to-noise ratio, WSNR; вид весовой функции значения не имеет). Сравнить результаты для своего варианта со значениями показателя PSNR.
10. Реализовать изменённый метод встраивания информации и соответствующий ему метод извлечения информации, обеспечивающий слепое извлечение информации, при этом в целом оставаясь в рамках своего варианта задания. Можно воспользоваться принципами, реализованными в СВИ-15 (Piva et al.). Порог при детектировании выбрать не требуется.
11. *[Для вариантов заданий, предполагающих вейвлет-декомпозицию контейнера]* Помимо базового семейства вейвлетов Хаара выполнить задания лабораторной работы на двух других семействах вейвлетов (различные варианты вейвлетов Добеши, койфлетов, биортогональных вейвлетов и др.) и сравнить полученные результаты, в том числе с исходными показателями на семействе Хаара.
12. *[Для вариантов заданий, включающих исследование «Ложное обнаружение»]* Выбрать и реализовать другой способ генерации исходной последовательности: не по нормальному закону, а иным образом, исходя из задачи получения большого ансамбля мало коррелированных друг с другом последовательностей. Провести исследование «Ложное обнаружение» (подробности см. ниже) для этого способа генерации ЦВЗ.

### *Варианты заданий*

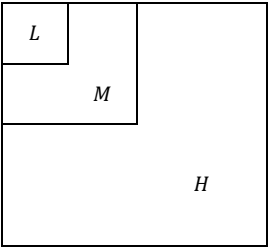
Метод встраивания: аддитивный для нечётных вариантов, мультипликативный для чётных вариантов.

Если  $var \equiv 1; 2(mod\ 4)$ , где  $var$  – номер варианта задания (1-24), то подбор параметров в задании 7 осуществляется исходя из обеспечения  $\rho > 0.9$  (или по желанию любого значения, большего 0.9) при минимальных искажениях по мере PSNR. Если  $var \equiv 3; 4(mod\ 4)$ , то подбор параметров в задании 7 осуществляется исходя из обеспечения  $PSNR > 30$  дБ (или по желанию любого значения, большего 30 дБ), при этом выбирается набор параметров, соответствующий наибольшему значению  $\rho$ .

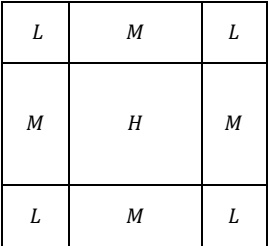
В представленной ниже таблице отражены остальные параметры заданий:

**А:** спектральное преобразование при переходе к матрице признаков. Для ДПФ указаны конкретные компоненты комплексной матрицы, используемые для встраивания. Для ДВП – число уровней декомпозиции (во всех вариантах необходимо использовать семейство вейвлетов Хаара).

**В:** зона спектра, которую необходимо использовать для встраивания информации. Для ДКП, ДПФ считаем, что спектр делится на зоны низких (L), средних (M) и высоких (H) частот. Для ДКП в данной лабораторной работе принимается упрощённое расположение зон, показанное на рисунке 1, с соотношением площадей  $L:M:H = 1/16 : 3/16 : 3/4$ . Для ДПФ в данной лабораторной работе принимается упрощённое расположение зон, показанное на рисунке 2, с соотношением площадей  $L:M:H = 1/4 : 1/2 : 1/4$ . Для ДВП на каждом уровне декомпозиции спектр делится на зоны LL, LH, HL, HH.



*Рис. 1 – Принимаемое в данной лабораторной работе упрощённое расположение зон L, M, H спектра ДКП*



*Рис. 2 – Принимаемое в данной лабораторной работе упрощённое расположение зон L, M, H спектра ДПФ*

**С:** доля выбранной группы коэффициентов спектра, которая подлежит изменению. Это значение определяет длину встраиваемой последовательности  $\Omega$ . Используются первые коэффициенты в порядке от низкочастотных к высокочастотным.

**Д:** вид дополнительного исследования:

- «*Ложное обнаружение*»: генерируем 100 случайных последовательностей той же длины, что и  $\Omega$ , и ищем значение функции близости  $\tilde{\Omega}$  с каждой из них. Строим график, проверяем, удаётся ли выбрать правильную последовательность.
- «*Разные фрагменты*»: встраивание производится не только в первые 1/4 спектральных компонент из выбранной области, но и отдельно в каждую из оставшихся четвертей при тех же параметрах. Результаты сравниваются по PSNR и по  $\rho$ .
- «*Beta: MSE*»: после выполнения заданий 1-7 необходимо выполнить их повторно при использовании модифицированного метода формирования итогового носителя информации по формулам (6.15)-(6.16) и сравнить результаты.
- «*Beta: Laplace*»: отличается от предыдущего вида исследования способом оценивания текстурованности изображения: вместо  $C_{MSE,9 \times 9}$  в формуле (6.16) используется результат свёртки исходного контейнера  $C$  с маской Лапласа вида

$$g(n_1, n_2) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

№ (var)	A	B	C	D
1	ДКП	L	1	—
2	ДКП	M	1/2	—
3	ДКП	H	1/4	—
4	ДКП	M	1/4	—
5	ДКП	M	1/2	Ложное обнаружение
6	ДКП	H	1/4	Разные фрагменты
7	ДКП	L	1	Beta: MSE
8	ДКП	M	1/4	Beta: Laplace
9	ДПФ: Re	L	1	Ложное обнаружение
10	ДПФ: Re	L	1/2	Разные фрагменты

11	ДПФ: Re	M+N	1/2	Beta: MSE
12	ДПФ: Re	M+N	1/4	Beta: Laplace
13	ДПФ: abs	H	1	Ложное обнаружение
14	ДПФ: abs	H	1/4	Разные фрагменты
15	ДПФ: abs	H	1/2	Beta: MSE
16	ДПФ: abs	L	1/2	Beta: Laplace
17	ДВП: 2	LL	1/2	Ложное обнаружение
18	ДВП: 2	HL	1/4	Разные фрагменты
19	ДВП: 2	LN	1	Beta: MSE
20	ДВП: 2	NN	1/4	Beta: Laplace
21	ДВП: 3	LL	1/2	Ложное обнаружение
22	ДВП: 3	HL	1/4	Разные фрагменты
23	ДВП: 3	LN	1	Beta: MSE
24	ДВП: 3	NN	1/2	Beta: Laplace

### Контрольные вопросы

1. Основные этапы встраивания информации в спектр изображения.
2. В чём преимущества и недостатки встраивания информации в спектр изображения в сравнении со встраиванием в исходные пиксели?
3. Каковы области низких, средних высоких частот в ДПФ?
4. Каковы области низких, средних высоких частот в ДКП?
5. Каковы области низких, средних высоких частот в ДВП?
6. На какие характеристики СВИ может влиять выбор частот, к которым встраивается ЦВЗ?
7. В чём основные отличия ДПФ от ДКП, ДВП?
8. В чём основные отличия ДВП от ДКП, ДПФ?
9. Что такое аддитивное встраивание? Каковы варианты формул аддитивного встраивания?
10. Что такое мультипликативное встраивание? Каковы варианты формул мультипликативного встраивания?
11. В чём заключается принцип расширения спектра при встраивании информации?
12. Опишите формулами процесс детектирования ЦВЗ, применяемый в данной лабораторной работе.