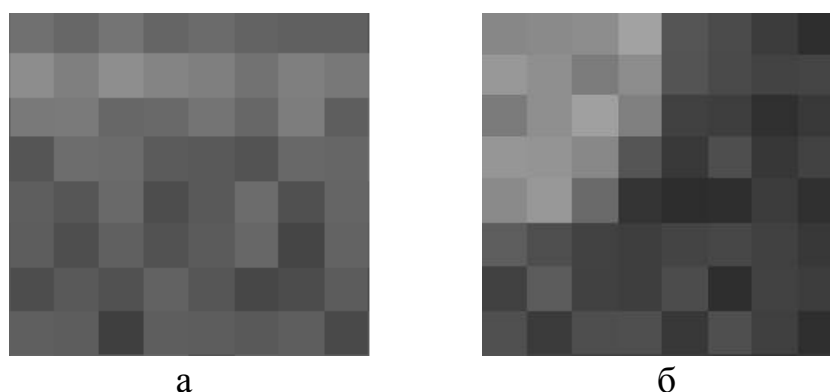


Алгоритм Брайндокса (Bruyndonckx) [64]. Рассматриваемый алгоритм встраивания ЦВЗ основан на блоках. Перед внедрением ЦВЗ преобразуется в битовую последовательность, при этом каждый бит встраивается в один блок пикселей, размерностью 8×8 . Для повышения помехоустойчивости применяется код БЧХ (код исправляющий кратные ошибки). Внедрение осуществляется за счет модификации яркости блока пикселей.

Встраивания бита сообщения m_i осуществляется в три этапа.

Шаг 1. Классификация пикселей внутри блока на две группы с примерно однородными яркостями. При классификации выделяют два типа блоков: блоки с «шумовым контрастом» и блоки с резко выраженными перепадами яркости.



а б
Рис. 8. Классификация пикселей

В блоках второго типа зоны с отличающейся яркостью не обязательно должны располагаться вплотную друг к другу, не обязательно должны содержать равное количество пикселей. Более того, некоторые пиксели вообще могут не принадлежать ни одной зоне. В блоках первого типа классификация особенно затруднена.

Для выполнения классификации значения яркости сортируются по возрастанию. Далее находится точка, в которой наклон касательной к получившейся кривой максимален (α). Эта точка является границей, разделяющей две зоны в том случае, если наклон больше некоторого порога. В противном случае пиксели делятся между зонами поровну. На рис. 9а приводится пример полученного деления пикселей на зоны («1» и «2») для блока, представленного на рис. 8а.

2	2	2	2	2	2	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	1
1	2	2	1	1	1	2	2
1	1	2	1	1	2	1	2
1	1	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

а

A	B	B	B	A	A	B	A
A	B	A	A	B	B	A	B
A	A	B	A	B	B	A	A
B	B	A	B	A	A	A	B
B	A	A	B	A	B	A	B
A	A	B	B	A	A	B	A
A	B	B	A	B	A	B	B
B	A	B	B	A	B	A	B

б

Рис. 9. Примеры используемых масок

Шаг 2. Разбиение каждой группы на две категории («А» и «В»). Для сортировки пикселей по категориям на блоки накладываются маски (рис. 9б), разные для каждой зоны и каждого блока. Назначение масок состоит в обеспечении секретности внедрения. Формирование масок ведется с использованием стеганографического ключа.

Шаг 3. Вычисление средних значений яркости пикселей каждой категории в каждой группе: $l_{1,A}, l_{2,A}, l_{1,B}, l_{2,B}$, при этом $l_{1,A} < l_{2,A}, l_{1,B} < l_{2,B}$.

Шаг 4. Встраивание бита сообщения m_i путем модификации яркости пикселей в каждой категории и каждой группе таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

$$m_i = \begin{cases} 1, & \begin{cases} \tilde{l}_{1,A} > \tilde{l}_{1,B}, \\ \tilde{l}_{2,A} > \tilde{l}_{2,B}, \end{cases} \\ 0, & \begin{cases} \tilde{l}_{1,A} < \tilde{l}_{1,B}, \\ \tilde{l}_{2,A} < \tilde{l}_{2,B}. \end{cases} \end{cases}$$

Необходимо обеспечить равенство значений яркости в каждой зоне

$$\frac{n_{1,A}\tilde{l}_{1,A} + n_{1,B}\tilde{l}_{1,B}}{n_{1,A} + n_{1,B}} = l_1 \text{ и } \frac{n_{2,A}\tilde{l}_{2,A} + n_{2,B}\tilde{l}_{2,B}}{n_{2,A} + n_{2,B}} = l_2,$$

где l_1, l_2 – значение яркости пикселей в каждой зоне; $n_{1,A}, n_{1,B}, n_{2,A}, n_{2,B}$ – количество пикселей, принадлежащих к каждой зоне и категории.

Для достижения этого равенства яркость всех пикселей одной зоны меняется одинаково, для этого вводится понятия уровень встраивания ЦВЗ Δl .

$$m_i = \begin{cases} 1, & \begin{cases} l'_{1A} - l'_{1B} = \Delta l, \\ l'_{2A} - l'_{2B} = \Delta l, \end{cases} \\ 0, & \begin{cases} l'_{1A} - l'_{1B} = -\Delta l, \\ l'_{2A} - l'_{2B} = \Delta l. \end{cases} \end{cases}$$

В результате для $m_i = 1$ получаем следующие выражения для $\tilde{l}_{1,A}, \tilde{l}_{2,A}, \tilde{l}_{1,B}, \tilde{l}_{2,B}$:

$$\begin{aligned}\tilde{l}_{1,A} &= \frac{(n_{1,A} + n_{1,B})l_1 + n_{1,B}\Delta l}{n_{1,A} + n_{1,B}}, \quad \tilde{l}_{1,B} = \frac{(n_{1,A} + n_{1,B})l_1 - n_{1,A}\Delta l}{n_{1,A} + n_{1,B}}, \\ \tilde{l}_{2,A} &= \frac{(n_{2,A} + n_{2,B})l_2 + n_{2,B}\Delta l}{n_{2,A} + n_{2,B}}, \quad \tilde{l}_{2,B} = \frac{(n_{2,A} + n_{2,B})l_2 - n_{2,A}\Delta l}{n_{2,A} + n_{2,B}}.\end{aligned}$$

Для $m_i = 0$:

$$\begin{aligned}\tilde{l}_{1,A} &= \frac{(n_{1,A} + n_{1,B})l_1 - n_{1,B}\Delta l}{n_{1,A} + n_{1,B}}, \quad \tilde{l}_{1,B} = \frac{(n_{1,A} + n_{1,B})l_1 + n_{1,A}\Delta l}{n_{1,A} + n_{1,B}}, \\ \tilde{l}_{2,A} &= \frac{(n_{2,A} + n_{2,B})l_2 - n_{2,B}\Delta l}{n_{2,A} + n_{2,B}}, \quad \tilde{l}_{2,B} = \frac{(n_{2,A} + n_{2,B})l_2 + n_{2,A}\Delta l}{n_{2,A} + n_{2,B}}.\end{aligned}$$

Алгоритм извлечения ЦВЗ является обратным алгоритму внедрения. При этом вычисляются средние значения яркостей пикселей заполненного контейнера $\tilde{l}_{1,A}, \tilde{l}_{1,B}, \tilde{l}_{2,A}, \tilde{l}_{2,B}$

$$\tilde{m}_i = \begin{cases} 0, & \text{если } \tilde{l}_{1,A} - \tilde{l}_{1,B} < 0 \text{ и } \tilde{l}_{2,A} - \tilde{l}_{2,B} < 0 \\ 1, & \text{если } \tilde{l}_{1,A} - \tilde{l}_{1,B} > 0 \text{ и } \tilde{l}_{2,A} - \tilde{l}_{2,B} > 0 \end{cases}.$$

При использовании алгоритма Брайндокса места внедрения становятся заметными только на переходах от немонотонных по яркости областей к монотонным областям, что является основным из достоинств алгоритма. Среди недостатков алгоритма можно отметить чувствительность аффинным преобразованиям (к изменению размеров и к повороту изображения).