

Отчётное домашнее задание №1

Задание 1

Взяв в качестве модели непрерывного изображения дискретное изображение с достаточно малыми шагами дискретизации, так, что на нем четко различимы самые мелкие детали и присутствуют выраженные периодические структуры с малыми периодами следования (кирпичная кладка, черепица, решетка забора и т.п.), провести его «дискретизацию» со все возрастающими шагами путем последовательного прореживания отсчетов. Затем восстановить «непрерывное» изображение по полученным указанным способом дискретным изображениям, используя формулу Котельникова. Провести визуальную оценку зависимости качества восстановленного изображения от шага дискретизации.

Рассмотрим изображение Barbara.



Проведём его дискретизацию при различных значениях шага прореживания ($k = 2, 3, 4$).

При $k = 2$ получим:



При $k = 3$ получим:



При $k = 4$ получим:



В результате прореживания на фрагментах изображения, содержащих периодические структуры, начинают появляться полосы, имеющие ложные (отсутствовавшие в оригинальном изображении) пространственные частоты колебаний, которые возникли из-за «подмены» более высоких оригинальных частот спектра. При увеличении k частоты ложных колебаний меняются, а визуальное качество изображения ухудшается, т. к. из него удаляется каждый k -й пиксель по вертикали и каждый k -й пиксель по горизонтали.

Задание 2

Используя программу MATLAB из примера 1.8 и какое-либо «свое» изображение с плавными переходами уровней яркости, воспроизведите результаты обработки, аналогичные представленным на рис. 1.5. Затем, модифицировав программу, проведите обработку того же изображения по схеме примера 1.9.

Рассмотрим изображение Lena.



При квантовании с 8 уровнями яркости и добавлением шума перед квантованием получим изображение:



При квантовании с 8 уровнями яркости и добавлением шума после квантования получим изображение:



При добавлении шума перед квантованием наблюдается разрушение ложных контуров. Это объясняется переходом некоторых пикселей, с j -ого уровня квантования на $(j+1)$ -й уровень и некоторых других из них – на $(j-1)$ -й уровень (при $j = 1, \dots, L - 2$) вследствие добавления шума.

При прибавлении к изображению, проквантованному на L уровней, случайного шума с непрерывным законом распределения эффект квантования яркости ослабевает и получается изображение с множеством возможных значений яркости. Визуальный эффект от указанных действий состоит в появлении на изображении с ложными контурами дополнительной зашумленности, воспринимаемой как «зернистость».

Задание 3

Выбрав какое-то монохроматическое изображение, имеющее плавные переходы яркости и представление уровней яркости 8 бит на пиксель или выше (имеет смысл взять то же изображение, что и в предыдущем задании 2), проделать с ним следующее.

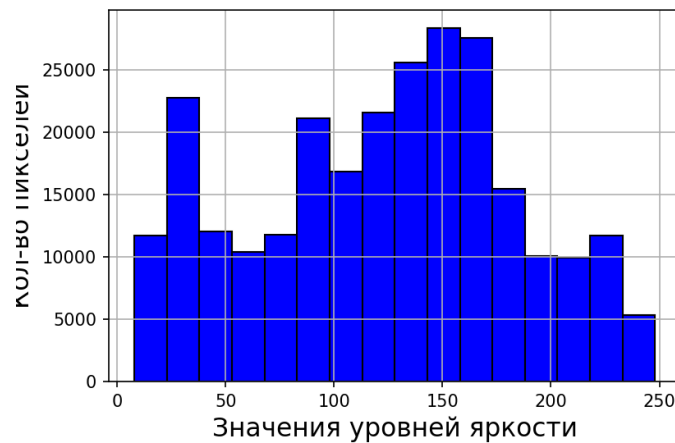
1. Преобразовать изображение к представлению с 16 уровнями яркости, привести его гистограмму (в Матлаб см. `imhist`). Оценить энтропию первого порядка (модель источника без памяти) по частотам гистограммы:

$$\tilde{H} = - \sum_{k=1}^{16} v_k \log_2(v_k)$$

При квантовании с 16 уровнями яркости без добавления шума получим изображение:



Гистограмма изображения имеет вид:



Энтропия первого порядка равна: $H \approx 3.87$.

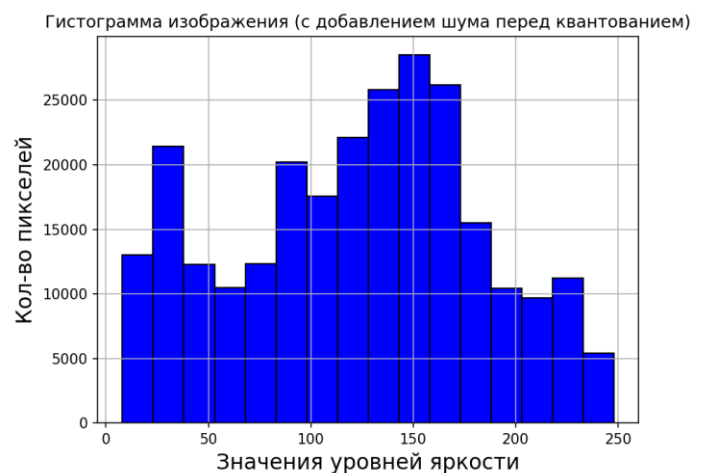
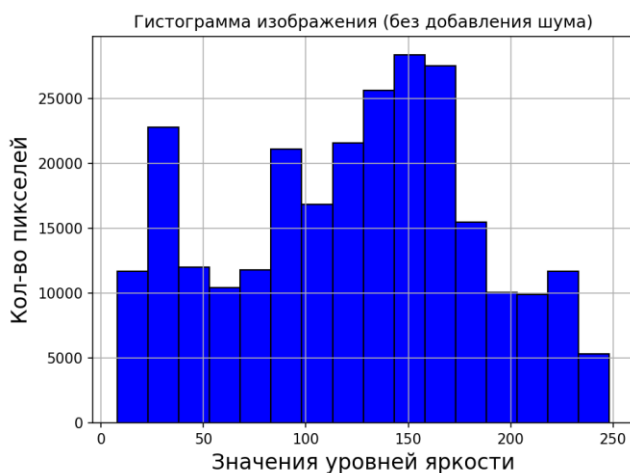
2. Повторить пункт 1, предварительно добавив к изображению равномерно распределенный шум $\delta \sim R\left[-\frac{q}{2}; \frac{q}{2}\right]$.

При квантовании с 16 уровнями яркости с предварительным добавлением шума получим изображение:



3. Сравнить гистограммы 16-уровневых изображений, полученных в п.1 и п.2, значения полученной оценки энтропии 1-го порядка. Объяснить результаты.

Гистограммы для проквантованных изображений с добавленным шумом и без имеют вид:



Энтропия первого порядка для проквантованного изображения (без добавления шума): $H_1 \approx 3.87$.

Энтропия первого порядка для проквантованного изображения (с добавлением шума перед квантованием): $H_2 \approx 3.879$.

Можно заметить, что при добавлении шума значение энтропии для проквантованного изображения увеличивается. По гистограммам изображений видно, что яркости пикселей изображения изменяются так, что высокие столбцы гистограммы "подтягиваются" вниз, а низкие - вверх. Это связано с увеличением энтропии (свое максимальное значение $\tilde{H}_{max} = \log_2(N) = \log_2(16) = 4$, N – число уровней яркости, она принимает при $v_1 = v_2 = \dots = v_{16} = 16$). Таким образом, при увеличении \tilde{H} количество пикселей в столбцах, соответствующих различным уровням яркости, "подтягивается" к значению $512^2/16 = 512^2/N = 16384$.

4. Полученные 16-уровневые изображения из п.1 и п.2, сохраненные в формате BMP (grayscale), сжать стандартным архиватором ZIP или RAR, сравнить и объяснить полученные результаты.

При сжатии полученных 16-уровневых изображений ZIP-архиватором можно заметить, что изображение с добавленным перед квантованием равномерным шумом демонстрирует результаты сжатия (размер архива 77,7 Кб), уступающие результатам сжатия изображения, проквантованного без добавления шума (размер архива 56,8 Кб).

Выводы:

В работе были рассмотрены: дискретизация изображений с прореживанием, а также возникающий при этом эффект наложения частот; квантование изображений с добавлением равномерного шума (до/после квантования) для разрушения ложных контуров, а также без него.

Установлено, что при неправильном выборе шага дискретизации на изображении могут возникать периодические структуры, имеющие ложные (отсутствовавшие в оригинальном изображении) пространственные частоты колебаний, которые возникают из-за «подмены» более высоких оригинальных

частот спектра (эффект "наложения частот"); добавление к изображению равномерного шума $\delta \sim R \left[-\frac{q}{2}; \frac{q}{2} \right]$ перед квантованием помогает избежать возникновения ложных контуров, однако добавление шума также вызывает увеличение энтропии и уменьшение эффективности сжатия изображения, обработанного таким образом; добавление к изображению равномерного шума после квантования не помогает избежать возникновения ложных контуров, а лишь вызывает появление "зернистости" на изображении.

Код на языке Python на гугл-диске:

<https://drive.google.com/drive/folders/1sIxdgHt1oscVnU4nCRhx0n4fOsy36VSf?usp=sharing>