

Гистограммы изображений зернопродуктов

Гистограмма (*histogram*) – это функция H , заданная в диапазоне уровней интенсивности тона (цвета) от 0 до 255 или от 0 до 100, такая, что количество пикселей, отвечающих значению k уровня шкалы интенсивности, равняется:

$$H(k) = n_k,$$

где k – это численное значение уровня интенсивности, n_k – это количество пикселей изображения, со значением уровня интенсивности, равным k , а $\sum n_k = n$ – это общее количество пикселей изображения.

Гистограмма показывает количественное распределение пикселей с определенным значением уровня интенсивности. Она обеспечивает общее описание сущности изображения и помогает идентифицировать различные компоненты, такие как фон, объекты и шум.

Нередко под термином «гистограмма» подразумевают её графическое представление в виде столбцов или столбчатой диаграммы, однако, гистограмма может быть представлена как в виде диаграммы или графика, так и в виде таблицы.

Графическое представление гистограммы, представленное на рисунке 1, показывает, какие уровни значения полутоновой шкалы встречаются наиболее часто, а какие – редко.



Рисунок 1 – Гистограмма изображения

Горизонтальная ось представляет собой диапазон уровней шкалы интенсивности от 0 до 255 или интенсивности отражённого излучения от 0 до 100%. Для значения уровня k , вертикальная ось *линейной гистограммы* показывает число пикселей n_k , имеющих значение k , а вертикальная ось *кумулятивной гистограммы* показывает процентное соотношение пикселей, имеющих значение меньше или равное k .

Гистограмма цифрового изображения имеет следующие свойства:

- Гистограмму можно построить как для всего изображения в целом, так и для отдельных его участков или наборов пикселей.
- Гистограмма H является дискретным сигналом и, соответственно, к ней применимы методы цифровой обработки сигналов (ЦОС), например фильтрация.
- Гистограмма представляет сведения для вычисления важнейших статистических характеристик, таких как: минимум и максимум, мода, медиана.
- По данным гистограммы можно определить численные значения пороговых уровней интенсивности для последующей сегментации изображения (отделения объектов от фона и т.д.).

5.1.1.1 Линейная гистограмма

Линейная (*linear*) гистограмма строится с помощью функции плотности и функции вероятности. Функция плотности (*density*) определяет количество пикселей с интенсивностью равной k :

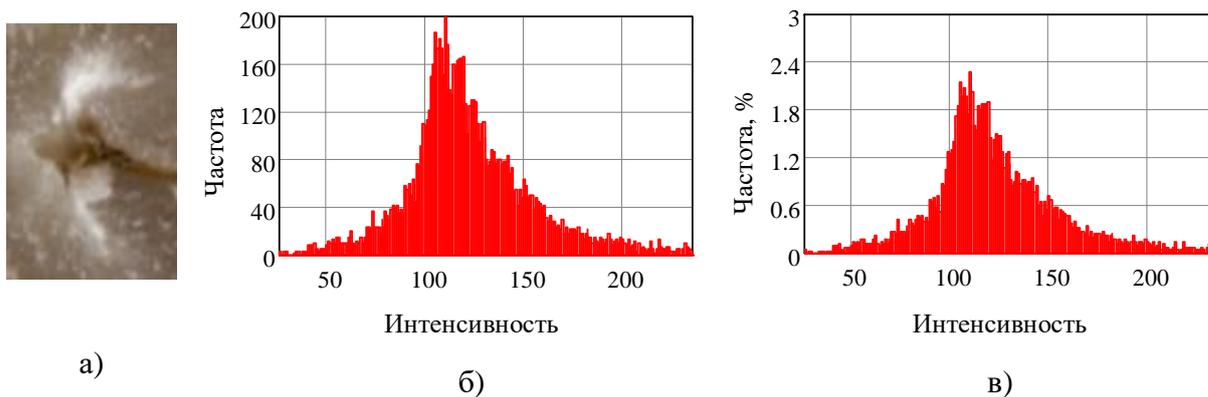
$$H_{LD}(k) = n_k .$$

Функция вероятности (*probability*) определяет вероятность того, что интенсивность пикселя равняется k :

$$H_{LP}(k) = \frac{n_k}{n} ,$$

где n – общее количество пикселей гистограммы.

На рисунке 2 представлены примеры линейных гистограмм изображения поверхности поперечного среза зерновки пшеницы.



а – исходное изображение; б – функция плотности; в – функция вероятности

Рисунок 2 – Линейная гистограмма

Для исследователя важным является интерпретация данных гистограммы в информацию о реальном объекте – конкретной зерновке или частице исследуемого продукта. С помощью линейных гистограмм можно получить аппроксимацию плотности вероятности процесса, порождающего изображение. Интервалы значений интенсивности с концентрированным множеством пикселей показывает присутствие на изображении существенных компонентов и, соответствующие им, диапазоны интенсивности.

Кумулятивная гистограмма

Кумулятивная (*cumulative*) гистограмма, также как и линейная, строится с помощью двух функций. Функция плотности (*density*) определяет количество пикселей, интенсивность которых меньше или равны k :

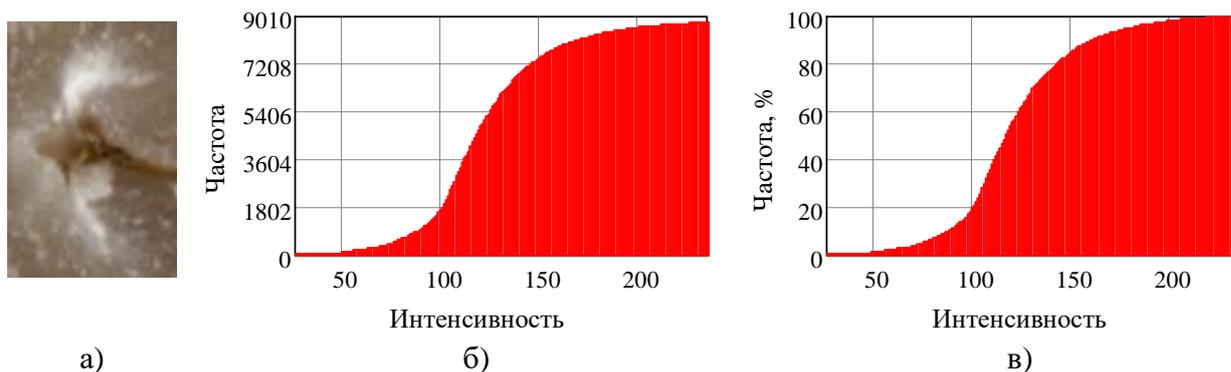
$$H_{CD}(k) = \sum_{i=0}^k n_i .$$

Функция вероятности (*probability*) определяет вероятность того, что интенсивность пикселя меньше или равна k :

$$H_{CP}(k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n} ,$$

где n – общее количество пикселей гистограммы.

На рисунке 3 представлены примеры кумулятивных гистограмм изображения поверхности поперечного среза зерновки пшеницы. Тогда как линейная гистограмма только обозначает присутствие на изображении существенных компонентов или объектов, то кумулятивная гистограмма показывает соотношение размеров объектов и фона. Так, например, гистограмма на рисунке 3-в показывает, что объекты с интенсивностью более 200 (что соответствует цвету близкому к белому, т.е. мучнистая часть зерновки на фоне более тёмной стекловидной части) составляет не более 5%.



а – исходное изображение; б – функция плотности; в – функция вероятности

Рисунок 3 – Кумулятивная гистограмма