

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рондель И.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ролч О.Ч. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассмотрена возможность классификации изображений по их статистическим характеристикам. Выполнен анализ гистограмм изображений.

Ключевые слова: гистограммы, статистический анализ изображений, классификация изображений, типы изображений, параметры гистограммы.

Введение. Одним из основных способов анализа изображений являются гистограммы. Гистограммой является столбчатая диаграмма, которая показывает статистическое распределение элементов цифрового изображения с различной яркостью, в котором в горизонтальной оси представлена яркость (от черного к белому слева направо), а по вертикали – относительное число пикселей с конкретным значением яркости. Для тонкой настройки общей гистограммы яркости чаще всего недостаточно, поэтому строят гистограммы для каждого канала: красного, зеленого и синего. Каналы, полутоновые изображения в градациях серого, хранят информацию о распределении одного компонента цветовой модели RGB.

Благодаря гистограмме можно получить данные о контрасте, экспозиции и цветовом насыщении изображения, но можно ли анализируя только лишь гистограмму, определить, что изображено на снимке? Для этого проанализируем, из каких параметров состоит гистограмма, а так же попытаемся найти закономерности в графиках всех цветовых каналов изображений разных типов [1].

Для классификации изображений будем использовать 50 изображений каждого типа. Для исследований мы используем соответствующие типы изображений: абстракция, город, карта, космос, пейзаж, портрет, село, сцена и текст. Рассмотрим самые распространенные виды гистограмм исследуемых изображений, для этого мы должны найти закономерности не только в параметрах гистограмм, но и проводить анализ ее общего вида. Для удобства описания областей гистограммы разделим ее диапазон тонов на три части: тени, света и средние тона (рисунок 1).

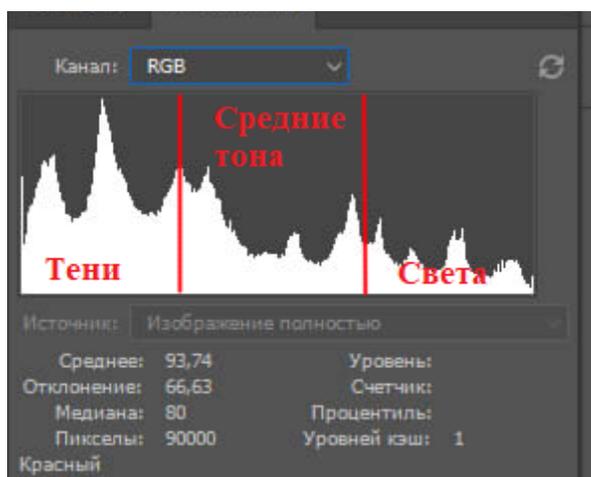


Рисунок 1 – Общий вид гистограммы.

Основная часть. Гистограммам изображений типа абстракция характерен широкий тоновой диапазон. Это связано с варьированием яркостей между светлыми и темными частями изображения, а соответственно, с высоким уровнем контраста на нем. Строя гистограмму для данного типа изображений, чаще всего мы можем столкнуться с линейчатой диа-

граммой: некоторые значения яркости оказываются практически неиспользуемыми [2]. Рассмотрим гистограмму для изображения, приведенного ниже, а так же построив гистограмму, определим ее особенности (рисунок 2):

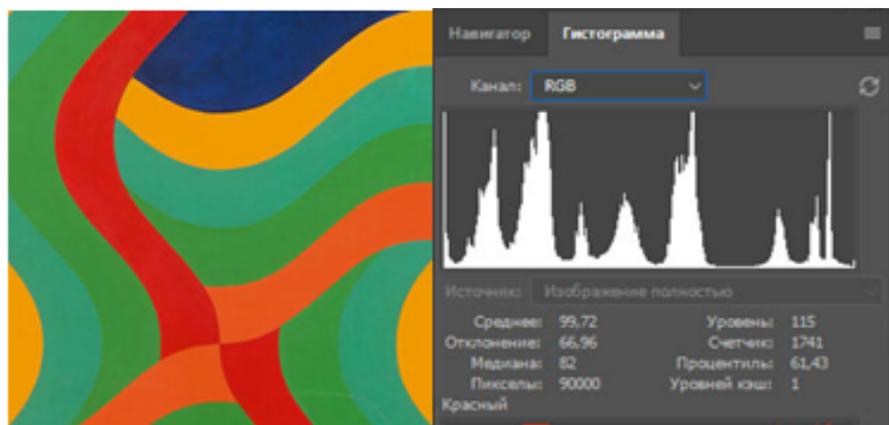


Рисунок 2 – Одно из исследуемых изображений и его гистограмма в rgb канале.

На данной гистограмме мы можем видеть, что изображение действительно имеет высокий уровень контраста, так как пиксели расположены по всей ширине гистограммы, так же мы можем увидеть, что на изображении преобладают различные друг от друга, резко переходящие из одних в другие, полутона.

Теперь рассмотрим каждый цветовой канал по отдельности (рисунок 3):

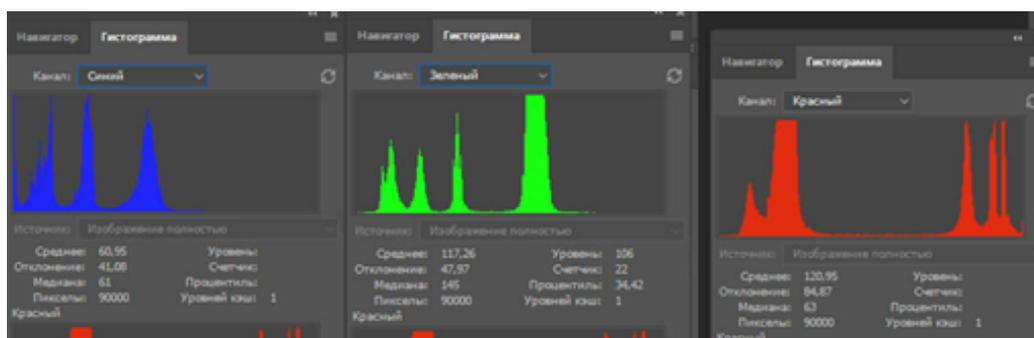


Рисунок 3 – Гистограммы в синем, зеленом, красном каналах соответственно.

Посмотрев на приведенные выше гистограммы мы можем сделать вывод о том, что на рисунке преобладают зеленые цвета и их оттенки, так же на изображении ярко выражены оттенки красного и меньше всего на нем синих оттенков. Оттенки красного наиболее яркие, далее следуют зеленые и самые тусклые – оттенки синего цвета. Данные выводы мы можем сделать не только по внешнему виду диаграммы, но и посмотрев на ее параметры. Посмотрев на значение отклонения можно определить количество оттенков изображения, а по значению медианы определить, какое значение яркости преобладает в том или ином канале. Красный канал имеет достаточно большое значение отклонения и, действительно, на рисунке можно увидеть оттенки красного, как высокой, так и средней яркости. Значение отклонения зеленого канала является средним между всеми 3-мя цветами, а медиана расположена в центре графика, соответственно, зеленый канал имеет среднюю яркость. У синего канала, как у канала с наименьшим значением отклонения и медианы и в правду преобладают самые темные оттенки на изображении. Можем посмотреть на изображение в каждом канале и убедиться в этом (рисунок 4):

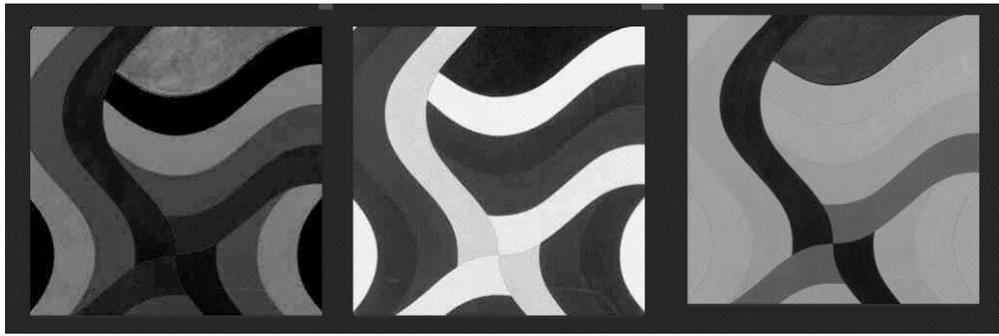


Рисунок 4 – Изображения в синем, красном и зеленом каналах соответственно.

Таким образом анализируем все 50 изображений данного типа и выявим закономерности (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики изображений типа «абстракция».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	150	76	134	Гистограммы линейчатого характера, контрастные, насыщенные изображения, преобладают красные цвета, меньше всего синих.
G	130	63	93	
B	75		83	
RGB	105	102	122	

Из гистограмм исследуемых изображений типа «город» мы можем увидеть, что в основном это светлые, но не пересвеченные или средние по тону изображения вследствие того, что большинство пикселей имеют среднюю яркость. На изображениях данного типа нет ни пересветов, ни срезов в тенях. Значимые уровни яркости занимают широкую полосу, показывая, что изображения данного типа довольно контрастные. Рассмотрим гистограмму данного изображения (рисунок 5):

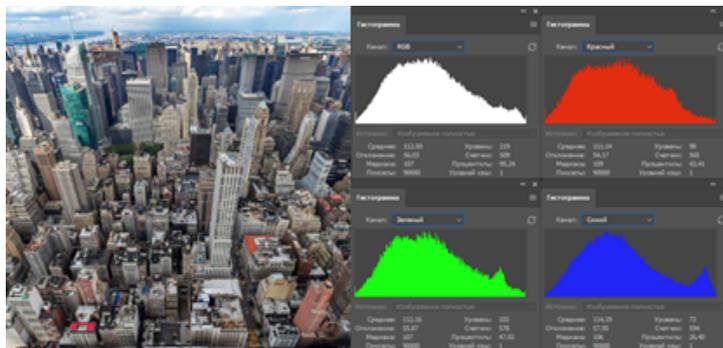


Рисунок 5 – Одно из исследуемых изображений и его гистограммы во всех каналах.

Посмотрев на данные гистограммы, мы можем сказать, что они почти аналогичны. Параметры гистограмм почти равны и внешне графики очень схожи. На всем изображении оттенки зеленого, красного и синего имеют практически одинаковую яркость (рисунок 6).



Рисунок 6 – Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Так как изображения средние по тону, то, соответственно, они имеют небольшое стандартные отклонения и медианы. Так как средние параметры всех каналов примерно равны, то будем считать эти значения равными каждому среднему параметру каждого канала (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристики изображений типа «город».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	107	112	55	Средние по тону, светлые изображения, значимые уровни яркости занимают широкую полосу
G				
B				
RGB				

Гистограмма изображений типа «карта» в основных случаях имеет линейчатый характер. Так же, как в типе изображений «абстракция» в гистограммах карт мы можем увидеть, что изображения имеют высокий уровень контраста (рисунок 7).

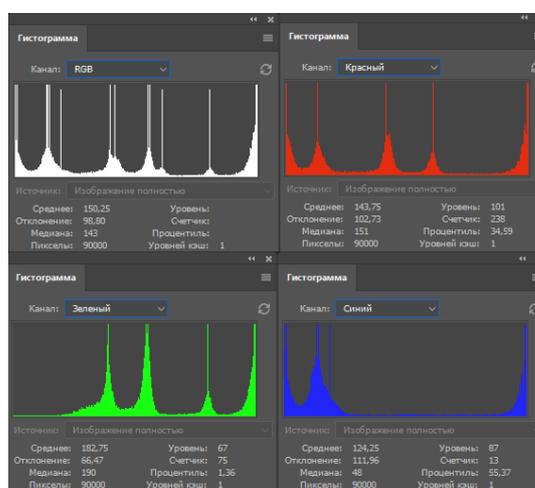


Рисунок 7 – Гистограммы всех каналов изображения.

В основном в изображениях данного типа будут преобладать зеленые и синие цвета, так как чаще всего ими обозначаются участки суши и воды. Данные изображения имеют малый диапазон оттенков, так же изображения данного типа имеют вылеты в светах на гистограмме, значения медиан всех каналов приблизительно равны (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики изображений типа «карта».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	145	45	203	Гистограммы линейчатого типа, тонкие линии, преобладание зеленых и синих цветов, высокий уровень контраста.
G	186	37		
B	165	60		
RGB	160	55		

Пиксели в гистограммах изображений типа «космос» расположены преимущественно в левой части графика. Это говорит о том, что изображения данного типа довольно темные. Пиксели зеленого канала расположены только в диапазоне теней, но в гистограммах красного и синего канала иногда мы можем заметить пиксели в диапазоне яркости. Такое явление можно наблюдать на снимках, где крупно изображены звезды, они являются источниками света, это и дает такой эффект. В остальных случаях гистограммы красного канала обладают самыми малыми медианами.

В основном гистограммы данного типа выглядят так (рисунок 8):

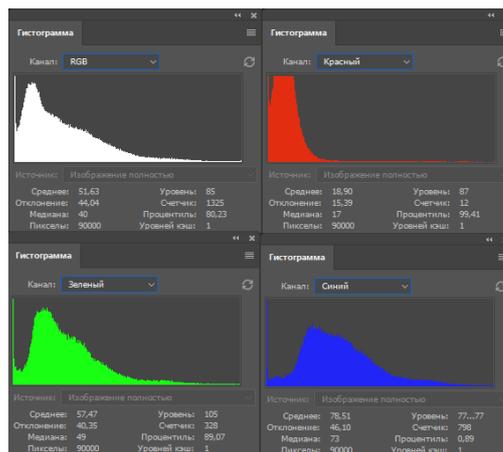


Рисунок 8 – Гистограммы всех каналов изображения.

Как мы видим из графиков, изображения данного типа не просто темные, зачастую на них присутствуют проваленные тени. Красный и зеленые цвета на таких изображениях находятся в диапазоне теней, синий едва затрагивает диапазон средних тонов. Отклонения и медианы гистограмм таких изображений очень малы, так как пиксели располагаются преимущественно в теневом диапазоне (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристики изображений типа «космос».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	58	40	63	Темные изображения, зачастую присутствуют проваленные тени, синий едва затрагивает диапазон средних тонов, низкий уровень контраста.
G	51	42	32	
B	82	45	53	
RGB	59	42	48	

Гистограммы изображений типа «пейзаж» в основном имеют преимущественно большее количество красных и зеленых пикселей, значимые уровни яркости занимают широкую полосу, следовательно, изображения данного типа имеют высокий уровень контраста, однако экстремумы в основном сконцентрированы посередине графика: это значит, что изображение среднее по яркости. Часто на фотографиях заката или с пасмурной погодой можно увидеть, что медиана на гистограмме смещена в диапазон теней, это обусловлено тем, что на изображении отсутствует источник света, освещенность местности очень мала.

Можно сказать, что значения зеленого и красного каналов примерно равны, а синий канал в основном пересвечен (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристики изображений типа «пейзаж».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	108	55	99	Имеют высокий уровень контраста, средние по яркости, синий канал в основном пересвечен, значения зеленого и красного каналов практически равны.
G				
B	150	66	145	
RGB	135	60	130	

В гистограммах изображений типа «портрет» мы зачастую можем увидеть, что наибольшее количество пикселей зачастую находятся в диапазоне света, а иногда и вовсе обнаружить вылеты в светах или провалы в тенях. Это может быть обусловлено со слишком высоким уровнем экспозиции в связи с тем, что падающий на лицо источник света может вызывать пересветы, яркие части лица превращаются в плоские белые пятна, утрачиваются

детали. В основном гистограммы портретов выглядят соответствующим образом (рисунок 9):

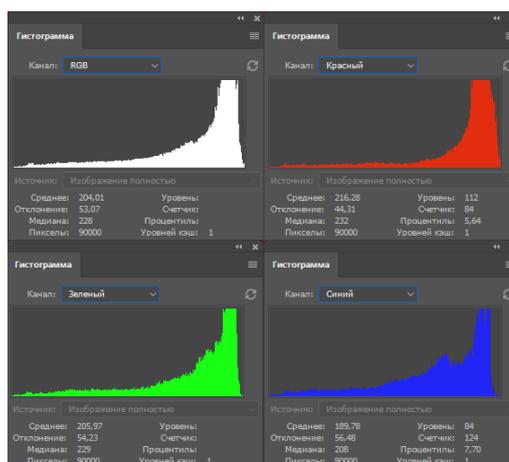


Рисунок 9 – Гистограммы всех каналов изображения.

На гистограммах отчетливо видно, что изображение пересвечено, медианы сдвинуты в правую сторону. На изображениях данного типа ярко выражены красные оттенки, затем зеленые и наименее яркие из них – синие. В этом мы можем убедиться, посмотрев на среднее значение интенсивности – у синего канала оно самое низкое, так же мы можем посмотреть каждый канал изображения по отдельности (рисунок 10):



Рисунок 10 – Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Гистограммы изображений данного типа характеризуются сравнительно одинаковой яркостью фона и объекта. Значимые уровни яркости занимают узкую (в диапазоне [215, 255]) полосу, показывая, что изображения имеют низкий контраст. Полоса смещена к левому краю, что свидетельствует о высокой яркости изображений (таблица 6).

Таблица 6 – Характеристики изображений типа «портрет».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	183	62	210	Яркие, зачастую пересвеченные, насыщенные изображения, на графике обычно один экстремум, красные оттенки самые насыщенные.
G	130	50	150	
B	115	50	120	
RGB	140	55	150	

Как и изображения типов «пейзаж» и «город» изображения типа «село» средние по тону, однако по другой причине: гистограмма такого снимка имеет равное соотношение светлых и темных пикселей (рисунок 11).

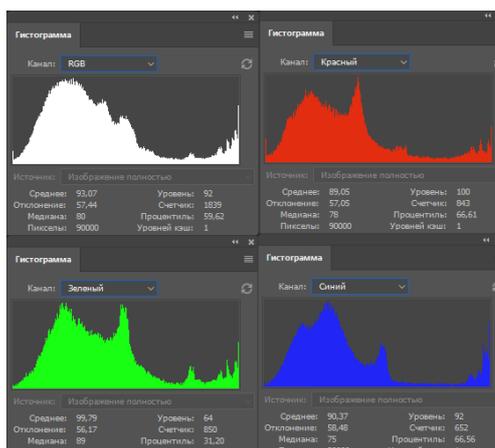


Рисунок 11 – Гистограммы всех каналов изображения.

Основное отличие данных изображений заключается в оттенках зеленого, выраженных немного ярче остальных (таблица 7).

Таблица 7 – Характеристики изображений типа «село».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	117	59	86	Насыщенные, контрастные изображения, имеют различные яркости фона и объекта, преобладают зеленые цвета.
G	128			
B	115			
RGB	119			

Изображения типа «сцена» имеют широкий уровень контраста и средние по тону из-за равного соотношения темных и светлых пикселей и их распределения по всей ширине гистограммы. Так же на изображениях данного типа хорошо видно, что фон и объект имеют существенно отличающуюся яркость (рисунок 12).

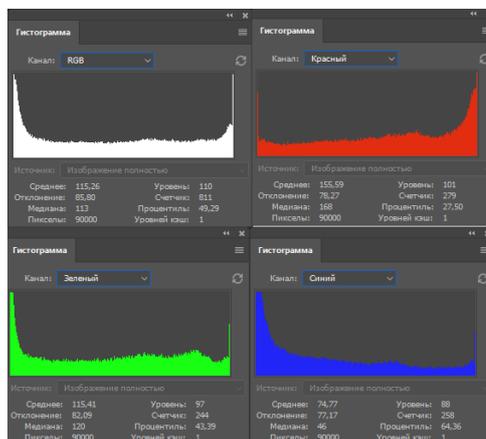


Рисунок 12 – Гистограммы всех каналов изображения.

Основным отличием изображений данных типов является преобладание красных оттенков. Это же мы можем увидеть на следующем изображении (рисунок 13):



Рисунок 13 – Изображение в красном, зеленом и синем каналах соответственно.

Так как изображения средние по тону, среднее стандартное отклонение каждого канала примерно одинаково. Средние медианы красного, синего и зеленого каналов соответственно равны 147, 81 и 112. Это говорит о том, что в изображениях данного типа самыми яркими являются оттенки красного, за ними следует зеленый и синий (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристики изображений типа «сцена».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	142	62	147	Изображения с ярко выраженными различиями яркостями фона и объекта, насыщенные, контрастные изображения, преобладают красные цвета.
G	111		112	
B	88		81	
RGB	113		101	

Практически во всех гистограммах изображений типа «текст» на графиках мы можем заметить вылеты в светах. Это можно обосновать тем, что почти всегда темный текст печатается на светлом фоне, так как в таком виде он легче читается. Именно поэтому основная часть пикселей сконцентрирована в правой части графика. Гистограммы всех трех каналов в таких изображениях очень похожи, а rgb диаграмма зачастую выглядит следующим образом(рисунок 14):

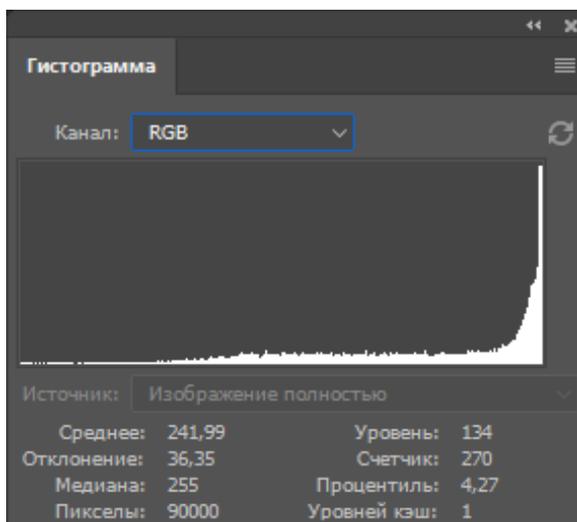


Рисунок 14 – Гистограмма в rgb канале.

Изображения данного типа имеют значения медианы близкие к 255 – это обозначает, что большинство пикселей данных изображений пусты и не несут никакой информации, отклонение таких изображений тоже очень мало – в среднем составляет 49 в rgb канале (таблица 9).

Таблица 9 – Характеристики изображений типа «текст».

	Среднее значение интенсивности	Стандартное отклонение	Медиана	Общая характеристика
R	222	49	222	Изображения характеризуются вылетами в светах, уровни яркости занимают широкую полосу, мало темных участков.
G				
B				
RGB				

Заключение. Проведя анализ гистограмм различных типов изображений можно сказать, что классификация изображений по гистограммам возможна, если знать все аспекты особенностей изображений различных типов. Однако даже зная их всех очень легко можно ошибиться.

Увидев гистограмму, имеющую линейчатый характер, нам следует обратить внимание на ширину полос и интенсивность различных цветов. На гистограммах типа «карта» полосы яркости будут более узкими и будут преобладать синие и зеленые цвета, на гистограммах типа «абстракция» все цвета будут обладать одинаковым уровнем насыщенности и яркости.

Гистограммы типа «пейзаж», «село», «город» довольно похожи, но их так же возможно отличить друг от друга. На гистограммах типа «село» зачастую мы можем увидеть, что фон и объект имеют различную яркость. Это обуславливается тем, что на изображениях данных типов зачастую дома выбиваются из общей картины. На изображениях типа «пейзаж», как и на изображениях типа «город» фон и объект имеют сравнительно похожую яркость и имеют один пик, однако изображения типа «город» средние по тону и имеют приблизительно одинаковые значения всех трех каналов, а изображения типа «пейзаж» отличаются преимуществом красных и зеленых пикселей [3].

Изображения типа «сцена», «текст», «портрет», «космос» легче всего классифицировать по внешнему виду их гистограмм. Гистограммы типа «текст» имеют всегда имеют вылеты в светах. «Сцена» имеет ярко выраженные различия фона и объекта, высокий уровень контраста, преобладание красных цветов. Изображения типа «портрет» отличаются своей яркостью, насыщенностью, в основном на таких гистограммах только один экстремум – объект. Изображения типа «космос» в основном темные, с проваленными тенями.

Очень часто одних параметров гистограмм может не хватать, поэтому при классификации изображений стоит применять не только гистограммы, но и другие методы. Например, объединить анализ гистограмм с сегментацией изображений.

Список литературы

1. *Обработка изображений в цифровой фотографии. Анализ гистограмм [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://studopedia.info/7-76240.html> – Дата доступа: 27.12.2022.*
2. *Сведения о гистограммах [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://helpx.adobe.com/ru/photoshop/using/viewing-histograms-pixel-values.html> – Дата доступа: 26.12.2022.*
3. *Старовойтов В.В., Голуб Ю.И. Получение и обработка изображений на ЭВМ : учебно-методическое пособие / В.В. Старовойтов, Ю.И. Голуб. – Минск : БНТУ, 2018.*

UDC 621.281

STATISTICAL ANALYSIS OF IMAGES

Rondzel I.D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Rolich O.Ch.. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD

Annotation. The possibility of classifying images by their statistical characteristics is considered. The analysis of histograms of images is performed.

Keywords: histograms, statistical image analysis, image classification, image types, histogram parameters.