

УДК 528.7

ЦИФРОВАЯ СЕНСИТОМЕТРИЯ

Сергей Миронович Горбенко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383) 361-07-26, e-mail: gorbenkos@ngs.ru

Лариса Александровна Головина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383) 361-08-66, e-mail: lar.golowina@ya.ru

В статье рассматриваются подходы при исследовании цифровых изображений и предлагаются новые характеристики для их оценки.

Ключевые слова: сенситометрические испытания, цифровое изображение.

DIGITAL SENSITOMETRY

Sergey M. Gorbenko

Ph.D., Assoc. Prof., department of photogrammetry and remote sensing. Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhonogo, 630108 Novosibirsk, phone: (383) 361-07-26, e-mail: gorbenkos@ngs.ru

Larisa A. Golovina

Assoc. Prof., department of photogrammetry and remote sensing. Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhonogo, 630108 Novosibirsk, phone: (383) 361-08-66, e-mail: lar.golowina@ya.ru

The approaches to the research of digital images are considered, new characteristics for their assessment are offered.

Key words: sensitometric tests, digital image.

Сенситометрия, как измерительный метод в фотографии, возникла в конце прошлого столетия в первую очередь применительно к задаче измерения градационных характеристик светочувствительных материалов. Благодаря этому методу стал возможен контроль процессов производства и химико-фотографической обработки фотоматериалов.

При использовании обычных фотоаппаратов изображение фокусируется на фотографической плёнке со светочувствительным покрытием, содержащим кристаллы галоидного серебра. Во время химико-фотографической обработки изображение проявляется и фиксируется в эмульсионном слое. В цифровых фотоаппаратах и сканерах изображение фокусируется также на светочувствительный материал - полупроводниковую матрицу. Записывается и хранится изображение на картах памяти.

Основными сенситометрическими характеристиками в классической фотографии являются величина плотности вуали, светочувствительность, фотографическая широта, коэффициент контрастности. От учёта данных параметров при экспонировании и обработке отснятого материала напрямую зависит фотографическое качество полученного изображения.

Для цифровой матрицы также существуют оценочные критерии её фотографического качества. Во-первых, сенсор обладает определённой чувствительностью, которая, как и светочувствительность плёнки выражается в единицах ISO : 50, 100, 200, 400, 800, 1600. Чем выше чувствительность, тем меньшее количество света требуется для реакции на него регистрирующего устройства, но при этом повышается температура сенсора из-за перемещения свободных электронов и появляется «цифровой шум». При использовании фотографической плёнки с увеличением значения светочувствительности (увеличения размеров кристаллов галоидного серебра) уменьшается разрешающая способность изображения.

Чувствительность ПЗС-матрицы складывается из чувствительности всех ее пикселей и в целом зависит от двух параметров. Первый параметр — интегральная чувствительность, — представляющий собой отношение величины фототока (в миллиамперах) к световому потоку (в люменах) от источника излучения, спектральный состав которого соответствует вольфрамовой лампе накаливания. Этот параметр позволяет оценить чувствительность сенсора в целом.

Второй параметр — монохроматическая чувствительность, то есть отношение величины фототока (в миллиамперах) к величине световой энергии излучения (в миллиэлектронвольтах), соответствующей определенной длине волны. Набор всех значений монохроматической чувствительности для интересующей части спектра составляет спектральную чувствительность — зависимость чувствительности от длины волны света. Таким образом, спектральная чувствительность показывает возможности сенсора по регистрации оттенков определенного цвета.

Чувствительность пикселя матрицы зависит, во-первых, от площади светочувствительной области, а во-вторых, от квантовой эффективности, то есть отношения числа зарегистрированных электронов к числу упавших на поверхность сенсора фотонов.

Важной характеристикой матрицы является порог чувствительности — параметр регистрирующего свет устройства, характеризующий минимальную величину светового сигнала, который может быть зарегистрирован. Чем меньше этот сигнал, тем выше порог чувствительности. Главным фактором, ограничивающим порог чувствительности, является темновой ток и складывается он из электронов, попавших в яму при полном отсутствии светового потока. Если световой поток слаб, то величина фототока близка, а порой и меньше, чем величина темнового тока. Существует зависимость темнового тока от температуры сенсора — при нагревании матрицы на 9 градусов по Цельсию ее темновой ток возрастает в два раза. Аналогом порога

чувствительности матрицы в классической фотографии является плотность вуали галогенсеребряной эмульсии светочувствительного материала.

Как известно, светочувствительность пленки в пределах одной кассеты остается постоянной, иными словами — не может изменяться от кадра к кадру. Цифровая камера позволяет для каждого снимка устанавливать самое оптимальное значение эквивалентной чувствительности. Достигается это посредством усиления видеосигнала, исходящего с матрицы, — в чем-то такая процедура, называемая повышением эквивалентной чувствительности, напоминает вращение регулятора громкости проигрывателя.

Возможность сенсора формировать хороший снимок при разной освещенности и высокой контрастности определяется параметром динамический диапазон, характеризующим способность матрицы различать в изображении, проецируемом на ее регистрирующую поверхность, самые темные тона от самых светлых. При расширении динамического диапазона количество оттенков снимка будет увеличиваться, а переходы между ними будут максимально соответствовать изображению, формируемому объективом. Динамический диапазон может быть оценен по гистограмме — графику, показывающему распределение пикселов изображения по уровням яркости. На графике гистограммы по горизонтальной оси откладываются значения градации яркости по шкале серого цвета от 0 (чёрный) до 255 (белый), по вертикали — количество пикселей изображения, значения которых соответствуют каждой из градаций. По левой и правой границе гистограммы можно судить о минимальной и максимальной яркости изображения и таким образом определить динамический диапазон, охватывающий основную информацию изображения, и сделать вывод о его зауженности.

Для оценки градационных характеристик галогенсеребряных эмульсий существует отработанная методика, базирующаяся на объективных методах оценки и использующая измерение оптических плотностей на денситометре. Для цифровой фотографии таковой пока нет, а используемая субъективная оценка, описывает изображение терминами "светло", "темно", "неясно" или "неровно". Эти субъективные термины не всегда согласуются с объективными измерениями, такими яркость, интервал яркости, контраст.

Для объективности оценки тоновоспроизведения предлагается ввести три новых понятия- тоновая широта, тоновый коэффициент контрастности и коэффициент цветовой устойчивости (рис. 1).

Тоновый контраст аналогичен фотографической широте, используемой для оценки традиционных фотоматериалов, тоновый коэффициент контрастности-коэффициенту контрастности. Под понятием коэффициент тоновой устойчивости предлагается ввести величину, показывающую соотношение между полезным и паразитическим действием света на светочувствительную матрицу.

На схеме (рис.1) по оси X откладываются идеальные значения цветовых составляющих, используемые при создании тест-объекта, по оси Y- реальные значения цветовых составляющих.

Для определения первых двух параметров на графике выделяется прямолинейный участок кривой (рис.1), затем определяются точки на оси X и Y, соответствующие концу и началу прямолинейного участка и определяются разности величин, соответствующих этим точкам.

Величина ΔT_1 условно соответствует классической разности оптических плотностей, величина ΔT_2 – фотографической широте. Величину ΔT_2 назовем тоновой широтой L_T , а отношение $\Delta T_1 / \Delta T_2$ – коэффициентом тоновой контрастности γ_T .

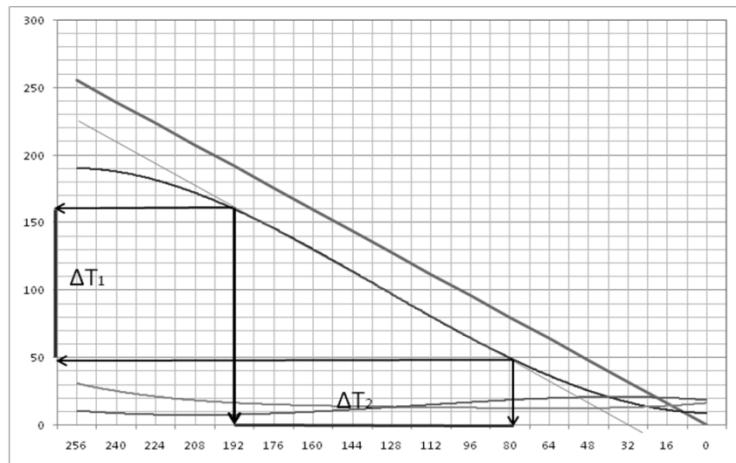


Рис. 1. Схема определения тоновой широты и коэффициента тоновой контрастности

Коэффициент устойчивости K_y предлагается определять по формуле

$$K_y = \frac{\Delta T_{\text{осн}}}{T_{\text{ср.пар}}}.$$

$\Delta T_{\text{осн}}$ – диапазон тонов, воспроизводимых матрицей, соответствующих основному цвету;

$T_{\text{ср.пар}}$ – среднее значение двух оставшихся цветов (паразитических).

В таблице 1 представлены результаты исследований двух типов матриц по представленным выше параметрам.

Таблица 1. Результаты сенситометрических исследований

Тип матрицы		L_T	γ_T	K_y
ПЗС-матрица	R	78	0,96	29,69
	G	112	1,03	18,46
	B	44	0,36	51,17
КМОП-матрица	R	84	1,19	66,98
	G	114	1,1	12,34
	B	112	1,16	13,18

В дальнейшем планируется продолжить исследование цифровых аэрофотоаппаратов.