

УДК 621.397

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЪЕМКИ НА ДЕТАЛИЗАЦИЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ С КАМЕР СМАРТФОНОВ

Бердышев А. И., студент гр. ИХб-241, 2 курс,

Гумённый А.С. , к.т.н., доцент

Научный руководитель: Янина Т.И. , к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Детализация изображения в смартфонах определяется не только «паспортными» параметрами (разрешение матрицы, наличие нескольких модулей, фокусное расстояние), но и условиями съёмки: освещённостью сцены, направлением светового потока, расстоянием до объекта, а также особенностями встроенной вычислительной обработки изображения.

Актуальной задачей является получение количественного критерия детализации, который можно измерять в повторяемых условиях и сопоставлять между различными устройствами.

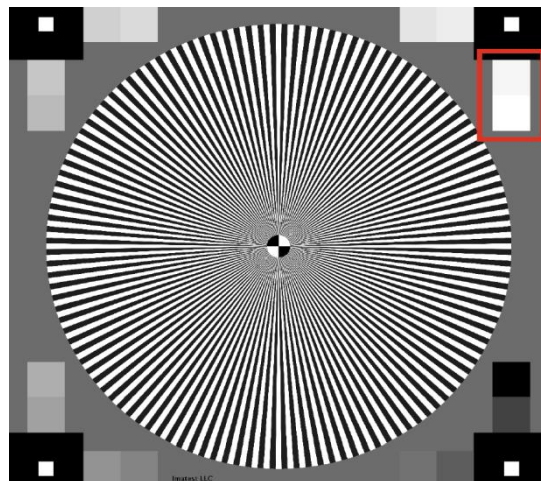
В работе использовался методика, совмещающая:

1. экспериментальную фиксацию изображений в контролируемых условиях;
2. количественную метрику детализации;
3. анализ влияния факторов съёмки;
4. сопоставление наблюдаемых закономерностей с фундаментальными зависимостями, используемыми в оптике и теории дискретизации.

В работе выполнено экспериментальное сравнение камер смартфонов трёх производителей: Redmi, Sony и Тесло. Для смартфонов Redmi и Тесло съёмка выполнялась в штатных приложениях камер соответствующих устройств, для Sony использовалось приложение XXX, так как в этой модели смартфона заводом изготовителем не предусмотрено базовое приложение для фотофиксации. Во всех сериях сравнения использовался режим съёмки с увеличением $\times 1$, что обеспечивает сопоставимость результатов по углу поля зрения и масштабу изображения.

Для оценки детализации использовалась тест-мишень «звезда Сименса». Освещённость E на плоскости мишени. В качестве рабочих уровней использовались три диапазона:

- $E_1=16-28$ лк, среднее 23лк
- $E_2=76-88$ лк, среднее 85лк
- 3. $E_3=180-227$ лк, среднее 196лк.



Угол освещения α — угол между плоскостью мишени и направлением светового потока. Использовались значения:

- $\alpha = 30^\circ$
- $\alpha = 45^\circ$
- $\alpha = 60^\circ$

Освещённость измерялась прибором пульсометр-люксметр «ТКА-ПКМ».

Для количественной оценки влияния факторов в работе введены два индекса чувствительности: к углу освещения и к уровню освещённости. Выбор ограниченного набора индексов обусловлен тем, что именно эти факторы в наибольшей степени определяют деградацию детализации изображения в практических условиях съёмки. Дополнительные индексы либо дублируют уже полученную информацию, либо не приводят к новым интерпретируемым выводам. Таким образом, выбранный набор индексов является минимально достаточным для анализа взаимодействия факторов и выявления условий резкого ухудшения качества изображения.

Предположим, что в практических условиях съёмки наибольшее влияние на деградацию детализации оказывают угол освещения и уровень освещённости, так как они напрямую должны изменять локальный контраст и отношение сигнал/шум изображения. Поэтому далее вводятся два индекса чувствительности — к углу освещения и к освещённости, которые рассчитываются при фиксированной дистанции L , чтобы исключить влияние масштабных и фокусируемых эффектов и выделить вклад каждого фактора отдельно.

1. Чувствительность к углу при фиксированной дистанции:

$$S_\alpha(L) = \frac{\tilde{\varphi}(\alpha = 60^\circ | L)}{\tilde{\varphi}(\alpha = 30^\circ | L)} \quad (14)$$

2. Чувствительность к освещённости при фиксированной дистанции:

$$S_E(L) = \frac{\tilde{\varphi}(E_{23} | L)}{\tilde{\varphi}(E_{196} | L)} \quad (15)$$

Интерпретация одинакова и проста:

- $S \approx 1$ — фактор почти не влияет;
- $S = 1.20S$ — ухудшение на 20% относительно базового;
- $S > 1.3$ — сильное ухудшение (фактор становится критичным).

Индексы чувствительности особенно важны, потому что они позволяют фиксировать взаимодействие факторов: например, если $S_\alpha(L)$ уменьшается при росте L , это означает, что при больших дистанциях влияние угла ослабляется; если $S_E(L)$ растёт при росте L , то на больших дистанциях освещённость становится более критичной.

Если мы используем в расчетах индексов данные, полученные с помощью факторного усреднения, а не зафиксированную выборку L , то мы получаем не $S_{\alpha}(L)$ или $S_E(L)$, а S_{α} и S_E .

В работе была рассчитана разрешающая способность камеры смартфона Тесно, для конкретного эксперимента.

В таблице 1 приведены расчеты угловой меры зоны размытия, на 3 разных дистанциях при одинаковом угле и интенсивности освещения.

Таблица 1.

Данные по выборке для расчета угловой меры зоны размытия:

№ п/ п	Модель телефона	Угол освещения (α)	Дистанци я (L), мм	Освещен ность (E),лк	S , мм ²	φ , °
1	2	3	4	5	6	7
1	Тесно	45	530	85	103,8	1,24
2			1030		237,9	0,97
3			1530		395,1	0,84

$$\varphi = \frac{2\sqrt{\frac{S}{\pi}}}{L} = \frac{2\sqrt{\frac{103,8}{3,14}}}{530} = 0,0217 \text{ рад.} \Rightarrow \varphi = 0,0217 * \frac{180}{3,14} = 1,24^{\circ}$$

В качестве примера в таблице2 приведена статистическая обработка одного набора измерений для смартфона Тесно. Рассмотрим условия:

1. угол освещения (α) = 45°;
2. дистанция (L) = 1030 мм;
3. освещённость (E) = 85лк.

Таблица 2.

Данные по выборке для расчета статистических показателей:

n	S , мм ²	φ	$\bar{\varphi}$	s , °	SE , °	Me , °	V , %	ДИ (при $t=0,95$) , °
1	255,7	1,004	0,969	0,036	0,021	1,004	3,72	0,969 ± 0,036
2	231,4	0,956						
3	266,6	0,946						

В рамках эксперимента метрика детализации φ зависит одновременно от трёх факторов: дистанции съёмки L , угла освещения α и уровня освещённости E . Для получения интерпретируемых зависимостей в работе использовано факторное усреднение: при анализе влияния одного параметра значения φ агрегировались по всем уровням остальных параметров, что

позволяет использовать всю выборку и уменьшить влияние частных случаев. Агрегация выполнялась функцией медиана всех необходимых значений.

Таблица 3.

Факторно усредненная зависимость $\tilde{\varphi}(\alpha)$ от угла освещения (30° , 45° , 60°) для трёх смартфонов:

Е,лк	$\varphi^\circ, \text{Тесно}$	$\varphi^\circ, \text{Sony}$	$\varphi^\circ, \text{Readmi}$
23	1,23	1,59	1,91
85	0,98	1,57	1,15
196	1,54	1,47	1,16

По данным таблицы 3 видно, что зависимость $\tilde{\varphi}(\alpha)$ имеет выраженный минимум, однако положение оптимума различается между моделями. Это согласуется с тем, что угол освещения влияет не только на освещённость, но и на контраст мелких деталей через паразитную засветку и блики, а также через работу автоматической экспозиции и вычислительной обработки (шумоподавление/резкость).

Таблица 4.

Факторно усредненная зависимость $\tilde{\varphi}(E)$ от освещённости (23, 85, 196 лк) для трёх смартфонов:

$\alpha, ^\circ$	$\varphi^\circ, \text{Тесно}$	$\varphi^\circ, \text{Sony}$	$\varphi^\circ, \text{Readmi}$
30,00	1,36	1,27	1,58
45,00	1,15	1,46	1,26
60,00	1,37	1,61	2,58

Таблица 5.

Факторно усредненная зависимость $\tilde{\varphi}(L)$ от дистанции съёмки (530; 1030; 1530 мм) для трёх смартфонов:

L, мм	$\varphi^\circ, \text{Тесно}$	$\varphi^\circ, \text{Sony}$	$\varphi^\circ, \text{Readmi}$
530	1,62	1,61	2,36
1030	1,37	1,50	1,17
1530	0,92	1,56	1,15

По данным таблицы 5 видно, что при увеличении дистанции значения $\tilde{\varphi}(L)$ в среднем улучшаются (уменьшаются). Это не противоречит тому, что линейные размеры пятна на мишени могут возрастать с расстоянием: метрика φ отражает угловой критерий детализации и поэтому отделяет геометрический масштаб изображения от качества формирования мелких деталей. Остаточное влияние дистанции интерпретируется как вклад

устойчивости фокусировки, глубины резкости и особенностей обработки изображения.

Анализ полученных результатов позволяет определить оптимальное сочетание условий съемки изученных камер для получения качественного изображения.