

Лабораторная работа

Количественные оценки изображения

Цель: научиться получать количественные показатели качества изображения

Одна из основных задач при работе с данными от сенсоров технического зрения – понимание того, стало изображение лучше на очередном этапе обработки или хуже. Можно оценить качество и характер изображения экспертным методом, сравнив два изображения визуально (до и после некоторой операции на нем). Сложно визуально оценить изменения в изображениях для последовательности из сотен тысяч кадров, просто из за того что этот процесс утомителен и субъективен для каждого эксперта.

Существует ряд характеристик изображения, по изменению которых можно судить об повышении или понижении его качества после той или иной обработки или настройки сенсора.

Разработка единой классификации информационных признаков изображения является одной из актуальных задач некоторых разделов теории распознавания образов, теории вероятности, теории алгоритмов, классической теории информации. Классификацию мер информативности будем производить на основе метода выделения и анализа структур в изображении. В зависимости от типов структур (пиксели, линии, площадные объекты) изображения все меры информативности условно можно разделить на 3 класса (рисунок 1).

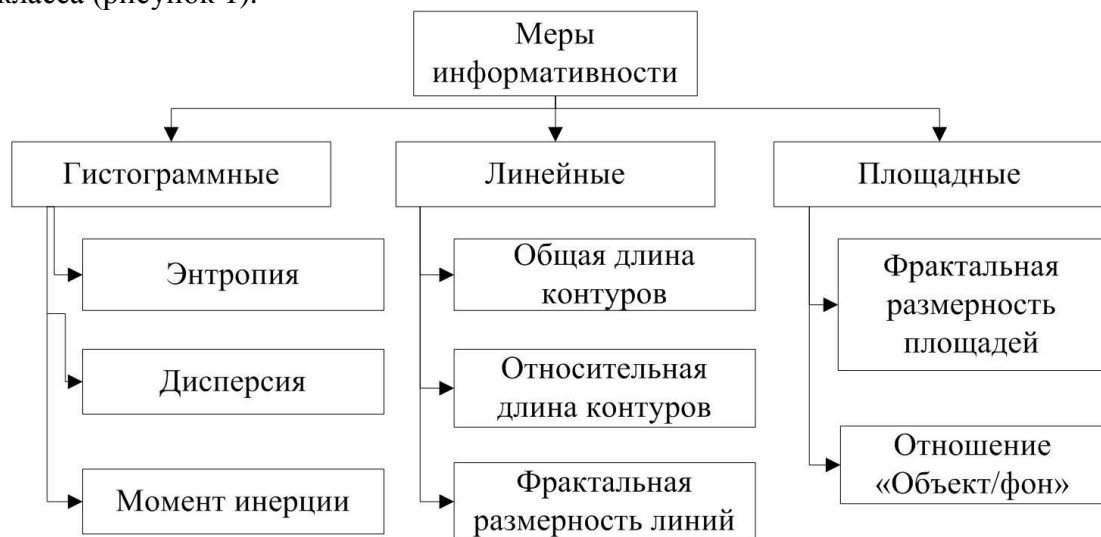


Рисунок 1 – Классификация мер информативности изображения

Гистограммные меры информации основываются на распределении вероятностей значений яркости изображения. В этом случае понятие информативности изображения наиболее приближено к классическому понятию теории информации, в котором мера количества информации оперирует с обезличенной информацией, не выражающей смыслового отношения к объекту. Очевидно, что данные признаки подходят только для наиболее грубой оценки информативности изображения, так как не оперируют его смысловым содержанием.

Количество информации на синтаксическом уровне определяется через понятие энтропии системы, которая является гистограммным признаком первого порядка. К линейным мерам информации можно отнести меры, основанные на количественной оценке разнообразия линейных объектов (контуров) изображения. К таким мерам можно

отнести общую длину контуров изображения, относительную длину границ между объектами, а также фрактальную размерность линейных объектов изображения.

К мерам информативности, основанным на количественной оценке разнообразия изображения, относятся меры, в качестве которых могут быть рассмотрены отношение объект\площадь и коэффициент самоподобия (фрактальности) изображения. Данные меры вычисляются по отношению к изображению как к площадному объекту, поэтому являются наиболее точными.

Одна из главных проблем при формализации оценки зрительного восприятия – установление связи между объективными отдельными характеристиками (метриками) изображений и субъективными критериями качества восприятия. Одним из объективных показателей является - универсальный индекс качества (УИК) изображения и структурного подобия, ориентированный на нахождении сходства исходного изображения с преобразованным изображением. Он эффективно работает в основном для оценки алгоритмов кодирования изображений. УИК изображения оценивает любое искажение изображения в виде комбинации нескольких трех: потеря корреляции, искажений яркости и контраста. Дальнейшее развитие индекса качества учитывает структурное подобие.

Индексы позволяют оценить качество изображения значительно лучше, чем широко используемые методы, основанные на вычислении среднеквадратической ошибки и отношения сигнала к шуму. Однако, для оценки алгоритмов повышения информативности яркостных и частотных характеристик изображений, ориентированных на улучшение психофизического восприятия, индексы дают неоднозначные результаты. На рисунке 2 приведены результаты повышения контраста распространенными операторами яркостной предобработки и основные численные характеристики преобразованных изображений. Исходное изображение имеет плохое визуальное качество, сильно затемнено. На изображении плохо различимы объекты, как фона, так и переднего плана. После линейного контрастирования контраст становится максимальным, возрастает значение среднеквадратическое отклонение (СКО), меняется значение средней яркости и количество информационных уровней остается неизменным.

Можно выделить отдельные объекты фона, в целом визуальное качество улучшается, но характер яркостной составляющей изображения не изменяется. После процедуры преобразования гистограммы по равномерному закону – «эквализации» становятся различимы объекты на заднем плане, что обеспечивается возросшими значениями контраста, средней яркости и СКО. Недостатком обработанного изображения является чрезмерный сюжетный контраст и потеря некоторого количество уровней. В результате плохо различимы фрагменты изображения как на светлом, так и на темном фонах изображения. Более предпочтительным яркостным преобразованием для исходного изображения является изменение гистограммы по шаблону, нормирующее среднюю яркость, повышающее контраст и сохраняющее большее количество информационных уровней. Значения частных показателей подтверждают и лучшее визуальное качество. Хорошо различимы как объекты панорамы, так и переднего плана, при гарантированном обнаружении объекта на фоне подстилающей поверхности изображения.

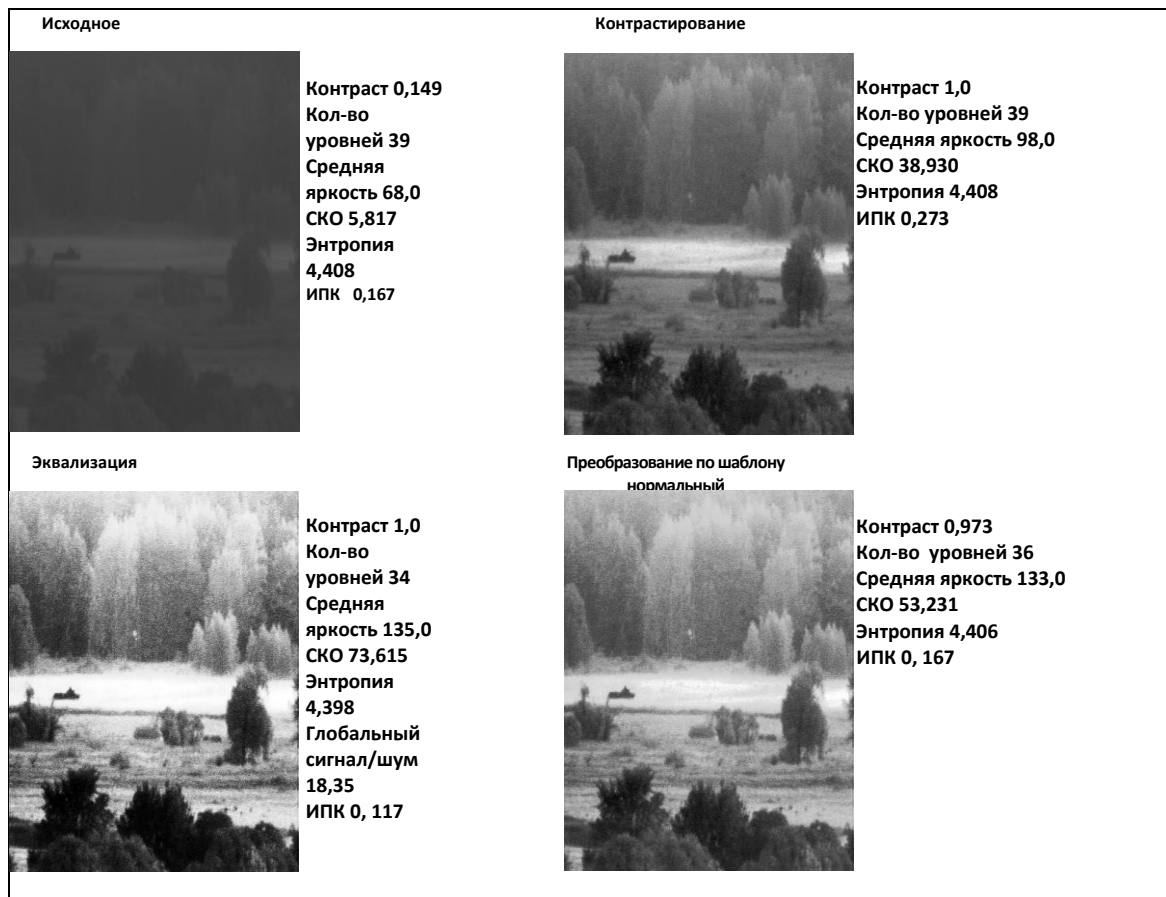


Рисунок 2 - Примеры обработки изображений разными операторами повышения контраста и численные характеристики изображений

Качество зрительного восприятия определяется главным образом энергетическими характеристиками сигналов, поступающих к оператору. К ним относятся, в частности, такие параметры как диапазон и количество воспроизводимых яркостей, контраст объект/фон. Объективными показателями этих параметров зрительного анализатора являются количество информационных уровней (N) и контраст (K) соответственно.

Количество градаций яркости характеризует количество различных информационных уровней, присутствующих в изображении, и определяется по гистограмме изображения:

$$G(M_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } M_i = 0, \\ 1, & \text{если } M_i > 0, \end{cases}$$

где M_i – количество точек, яркость которых равна i .

В поле зрения оператора одновременно могут попадать предметы с разной яркостью. Для оценки яркости объектов в этом случае используется понятие адаптирующей яркости. Она определяется как средневзвешенное значение яркостей, попадающих в поле зрения. За счет адаптации осуществляется настройка зрительного анализатора на эту яркость. Этой характеристике можно сопоставить среднюю яркость (\bar{L}) изображения

$$\bar{L} = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^W L_{xy}}{H * W},$$

где H , W – высота и ширина изображения, а L_{xy} – яркость элемента текущего изображения с координатами x и y .

Для количественной оценки качества изображений используются также такие объективные характеристики, как СКО (σ) и энтропия (ε). СКО адекватно понятиям

локального контраста и, в какой-то мере, четкости. Энтропия – мера количества информации в изображении.

Задача оценки качества изображений носит многокритериальный характер, поэтому вводится аддитивный обобщенный критерий качества (F) следующего вида:

$$F = \sum_{i=1}^p \beta_i f_i,$$

где β_i – весовые коэффициенты, $\sum_{i=1}^p \beta_i = 1$ – условие нормированности F , f_i – частные нормированные критерии, p – количество частных критериев.

Для нормирования частных критериев необходимо определить пределы их изменения. Причем, чем меньше величина, тем показатель хуже.

Нормированные частные показатели контраста и числа информационных уровней определяются как:

$$K_n = \frac{(L_{\max} - L_{\min})}{255},$$

$$N_n = \frac{N}{N_{\max}},$$

где $L_{\max} = \max(L_{xy})$, $L_{\min} = \min(L_{xy})$ – максимальное и минимальное значения яркости элементов изображения, $N_{\max} = 256$ – максимальное число информационных уровней в цифровых изображениях для визуализации.

Оценка энтропии Шеннона может быть вычислена для любого полутонового (в том числе ТВ и ТПВ) изображения. В этом случае вычисляется оценка распределения вероятностей оттенков серого в полутоновом изображении. Оценить вероятность появления некоторого оттенка можно, подсчитав количество появлений пикселей данного оттенка и разделив это количество на общее количество пикселей в изображении.

Расчет энтропии производится на основе гистограммы изображения, для которой распределение частот описывается простым выражением:

$$p_i = \frac{N_i}{M}, \quad (2.1)$$

где N_i – число элементов, имеющих i уровень, M – общее число элементов.

Вычисление энтропии изображения производится по следующей формуле:

$$H = -\sum_i p_i \log_2(p_i) \quad (2.2)$$

Для нормирования значения энтропии может быть поделено на коэффициент, равный максимуму энтропии для данного количества уровней. Для полутонового изображения с 256 градациями яркости он будет равен 8. Таким образом, значение энтропии изображения может изменяться от 0 до 1.

Таким образом, алгоритм расчета энтропии изображения включает в себя следующие шаги:

- а) предварительное вычисление гистограммы распределения яркостей

изображения и нахождение вероятностей появления пикселей каждого оттенка. Гистограмма изображений строится за один проход по всему массиву пикселей изображения;

- б) расчет значения энтропии за один проход по гистограмме изображения по формуле (2.2);
- в) нормализация значения энтропии.

Дисперсия изображения вычисляется следующим образом:

$$\sigma_i^2 = \sum_i p_i (i - \bar{i})^2 \quad (2.3)$$

где $\bar{i} = \sum_i i p_i$, i – уровень квантования.

Для полутонового изображения вычисляется оценка дисперсии распределения вероятностей оттенков серого. Изображение, содержащее наибольшее количество пикселей разных оттенков, характеризуются наибольшим значением дисперсии.

Алгоритм расчета дисперсии изображения включает следующие шаги:

- а) предварительное вычисление гистограммы распределения яркостей изображения;
- б) расчет среднего значения яркости изображения, осуществляется за один проход по гистограмме изображения;
- в) расчет значения дисперсии изображения согласно формуле (2.3), осуществляется за один проход по гистограмме изображения.

Экспериментальным путем было выявлено, что СКО изменяется в пределах от 0 до 100, а оптимальным значением является 50, тогда σ_n :

$$\sigma_n = \begin{cases} \frac{\sigma}{50}, & \text{если } \sigma \leq 50, \\ \frac{(100 - \sigma)}{50}, & \text{если } \sigma > 50. \end{cases}$$

Для средней яркости предпочтительными являются значения принадлежащие середине диапазона, а на границах яркостного диапазона ее значение минимально:

$$\bar{L}_n = \begin{cases} \frac{\bar{L}}{128}, & \text{если } \bar{L} \leq 107, \\ \frac{(255 - \bar{L})}{128}, & \text{если } \bar{L} > 147, \\ 1, & \text{если } \bar{L} \in \{108 \div 147\}. \end{cases}$$

При равномерном законе распределения (полная "хаотичность") энтропия достигает максимума. Энтропия изображения, имеющего диапазон от 0 до 255 градаций яркости, не может превышать 8. Нормированное значение энтропии примет вид:

$$\varepsilon_n = \frac{\varepsilon}{8}.$$

Основную сложность применения частных показателей представляет собой выбор весовых коэффициентов, учитывающих влияние соответствующих частных показателей на обобщенный критерий в целом. Для выбора значений этих коэффициентов обычно используется метод экспертных оценок. Для рассматриваемого функционала весовые коэффициенты были отобраны экспериментальным путем по шкале (табл. 3.3, третий столбец) на основе исследования характеристик изображений различной семантики и разного субъективного качества.

Частные критерии можно разбить на группы по приоритетам: (L_n, σ_n) ; (K_n, N_n) и (ε_n) . Энтропия стоит на последнем месте вследствие ее наименьшего влияния на качество визуализируемого изображения. Весомость вклада СКО в значение интегрального показателя функции качества объясняется смыслом этого показателя: он определяет четкость и в некоторой степени воспринимает сильный шум. Далее показатели были выстроены по убыванию влияния внутри выделенных приоритетных групп. Уточненные весовые коэффициенты определяются по критерию Фишберна [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

$$\beta_i = \frac{2(p-i+1)}{p(p+1)}.$$

С учетом изложенного, интегральный показатель качества (ИПК) низкочастотной яркостной составляющей изображения примет вид

$$\text{ИПК} = 0,33\bar{L}_n + 0,27\sigma_n + 0,20K_n + 0,13N_n + 0,07\varepsilon_n.$$

Задание:

Для пар изображений до и после неизвестного преобразования определить оценки качества:

1. Количество уровней;
2. Средняя яркость;
3. СКО;
4. Энтропия;
5. ИПК

Для вывода данных можно использовать консоль стенда. Чтобы задействовать консоль стенда из своей функции DLL необходимо выполнить ряд объявлений.

В h файле добавить «расшаренные» переменные addr_console и message_console
extern "C"

```
{  
...  
void* _DECLARATOR_ __cdecl addr_console;  
char* _DECLARATOR_ __cdecl message_console;
```

Добавить в list.def

```
addr_console          @2 ; addr_console  
message_console       @3 ; message_console
```

```
addr_console = _addr_console  
message_console = _message_console
```

Обратите внимание в вашем случае номера @N будут другие.

В функцииDllEntryPoint обнулить значение

```
if (reason == DLL_PROCESS_ATTACH)  
{  
    addr_console=NULL;
```

В cpp добавить функцию

```
void set_console(char* mes)  
{  
    void* p;  
  
    message_console=mes;  
    if (addr_console!=NULL)  
    {  
        p=mes;  
        asm  
        {  
            push [p];  
            call[addr_console];  
            add esp,4;  
        }  
    }
```

```
}  
}
```

```
char* message;
```

Пользоваться выводом можно следующим образом:

```
message = new char[255];
```

```
что-то заносим в message,
```

```
set_console(message); ///собственно вывод.
```