

ОПИСАНИЕ НАБЛЮДАЕМОЙ СЦЕНЫ

Аксенов О.Ю.

НТЦ «Модуль», г.Москва, E-mail:aks@module.ru

В настоящее время широко используются системы обработки изображений, в той или иной форме решающие задачу обнаружения. В большинстве случаев, имеющих практический интерес, особенно когда речь идет об изображениях естественных сцен, получаемых в «полевых условиях», результаты обнаружения зависят не только от используемых алгоритмов обработки, но и от условий наблюдения и содержания наблюдаемой сцены. Не определив предварительно *наблюдаемую сцену* и *условия наблюдения* затруднительно однозначно оценить качество используемых алгоритмов обработки и всей системы. Цель настоящего материала – предложить подходы, призванные снять упомянутую неопределенность.

В качестве иллюстрации будут использоваться изображения, характерные для видеосистемы, которая в реальном масштабе времени обрабатывает поток изображений, поступающих от телевизионной камеры, обеспечивая, в частности, обнаружение транспортных средств. Обрабатываемые изображения имеют формат 384×288 при 256 градациях серого цвета. Одно из них отображает Рис. 1. Гистограмму распределения яркости этого изображения показывает Рис. 2.



Рис. 1. Изображение наблюдаемой сцены

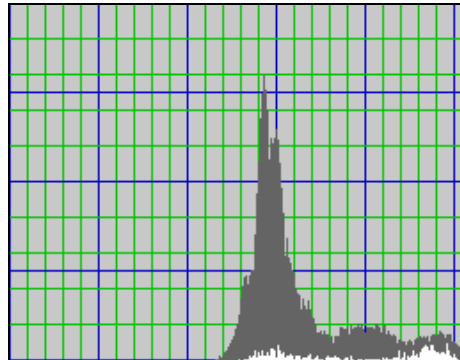


Рис. 2. Гистограмма распределения яркости: объект*10 (светлый), фон (темный)

Сначала следует раскрыть понятия *наблюдаемая сцена* и *условия наблюдения*.

Наблюдаемая сцена определяет вид объекта и фона для которых оценивается качество работы обнаружения. Ее можно охарактеризовать содержанием и яркостными характеристиками. Наблюдаемая сцена принципиально зависит от назначения системы. Содержание наблюдаемой сцены может быть задано словесно. Ниже приводится пример описания сцены, которую изображает Рис. 1. При описании наблюдаемой сцены следует задать (в скобках приведено описание для приведенного выше изображения):

- характерный вид объекта (легковой автомобиль);
- относительный размер объекта (~10% линейного размера изображения);
- число объектов (1);
- минимальное расстояние между краями объектов, если их несколько (~линейного размера объекта);
- фон в окрестности объекта (неоднородный, отличный от цвета объекта);

Как уже отмечалось, наиболее наглядно содержание наблюдаемой сцены задается изображением.

После того, как определено содержание наблюдаемой сцены, следует остановиться на ее яркостных характеристиках. Предполагается, что изначально рассматривается изображение, соответствующее «идеальным» условиям наблюдения, обеспечивающим наилучшие характеристики обнаружения.

Наиболее полное представление о яркостных характеристиках наблюдаемой сцены дает гистограмма распределения яркости. Для изображения, которое отображает Рис. 1, такая гистограмма практически совпадает с той, что показана на Рисунке 2 темным цветом. Для более компактного описания яркостных характеристик наблюдаемой сцены можно использовать такой параметр, как модуляционный контраст, представляющий собой отношение ширины гистограммы к положению ее середины – средней яркости – $K_m = 2 \cdot D / \bar{B}$ [1]. Тут $D = B_{max} - B_{min}$ – ширина гистограммы распределения яркости, $\bar{B} = (B_{max} + B_{min}) / 2$ – средняя яркость изображения, B_{min} , B_{max} – минимальное и максимальное значения яркости на изображении. Величина K_m может изменяться в пределах 0...1. В данном приложении представляется более удобным использовать не значение контраста, а величины D и \bar{B} по отдельности.

На изображениях естественных сцен фон в окрестности объекта может заметно отличаться от фона, расположенного на значительном удалении от объекта. Поэтому представляется целесообразным для

¹ Ю.И.Фивенский, М.К.Наумкин. Аэрокосмическая фотография. М.,МГУ 1987 г. 140 с.

каждого объекта использовать понятие «локальный фон» – фон в ближайшей окрестности объекта. Положение этой окрестности иллюстрирует Рис. 3. На нем область локального фона имеет вид темной каймы вокруг объекта (автомобиля). Эта область получена за счет последовательного утолщения «каймы равной ширины», окантовывающей объект. Утолщение каймы проводилось от значения «толщина в 1 пиксел» до тех пор, пока площадь каймы приблизительно не сравнялась с площадью объекта. В данном случае это 960...970 пикселов. В дальнейшем параметры, соответствующие всему изображению, будут маркироваться индексом “ f ”, объекту – индексом “ o ”, фону – индексом “ b ”, а локальному фону – индексом “ l ”. Так, например, всему изображению будут соответствовать параметры D_f и \bar{B}_f , а объекту – D_o и \bar{B}_o . В рассматриваемом случае, когда яркость отдельной точки может принимать значения 0...255, параметры D и \bar{B} также лежат в указанном диапазоне. В этих условиях вместо D и \bar{B} можно использовать нормированные безразмерные значения $d = D/255$ и $\bar{b} = \bar{B}/255$, принимающие значения 0...1.

Гистограммы распределения яркости объекта и фона (все изображение за исключением объекта) содержит Рис. 2. На нем гистограмма для объекта показана белым, для фона – темным. При этом ордината гистограммы объекта увеличена в 10 раз. Для локального фона соответствующую гистограмму отображает Рис. 4. В этом случае масштаб гистограмм для объекта и для локального фона одинаков.

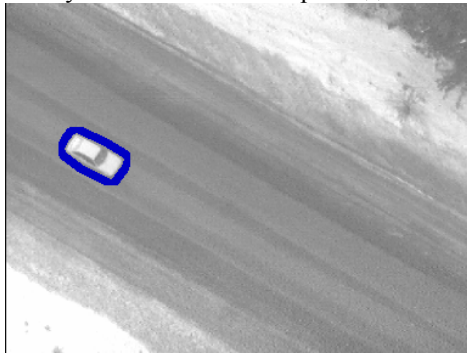


Рис. 3. Область локального фона (темная кайма вокруг автомобиля)

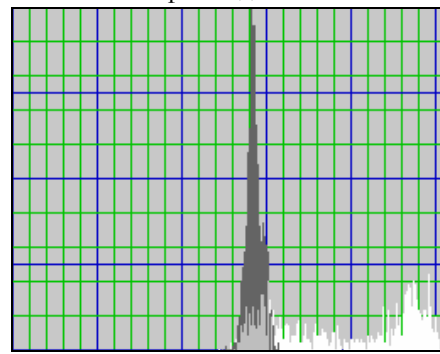


Рис. 4. Гистограммы яркости: объект (светлый), локальный фон (темный)

Таким образом, наблюдаемую сцену предлагается задавать рассмотренными выше описанием (или типичным изображением) и набором параметров: $d_f \approx d_b$, d_o , $d_l \leq d_b$, $\bar{b}_f \approx \bar{b}_b$, \bar{b}_o , \bar{b}_l . Можно считать, что этим задано некоторое «эталонное изображение», полученное реальной аппаратурой в идеальных условиях наблюдения.

На практике качество формируемых изображений может оказаться ниже, чем качество рассмотренных выше эталонных изображений, хотя и предполагается, что аппаратура, формирующая изображение, в обоих случаях одна и та же. Причина ухудшения качества – **условия наблюдения**, отличающиеся в худшую сторону от тех, при которых было получено эталонное изображение. Наиболее типичными факторами, вызывающими ухудшение изображения, являются *туман*, *осадки* (дождь, снег), *недостаток освещения*. Ниже параметры, соответствующие таким ухудшенным условиям наблюдения, будут маркироваться дополнительным индексом “ r ”.

Обычно телевизионная камера, используемая для формирования изображений, имеет систему автоматической регулировки усиления, поддерживающую значение средней яркости изображения (\bar{B}_f) неизменным. Значит, при достаточном освещении влияние *тумана* приведет к уменьшению ширины гистограммы яркости всего изображения – D_f . Количественное такое уменьшение ширины гистограммы можно оценить как $\Delta D_f = (D_f - D_{fr})$, или в безразмерных величинах $\Delta d_f = (d_f - d_{fr})$.

При недостаточности освещения влияние тумана приводит одновременно и к возрастанию ΔD_f , и к уменьшению средней яркости – \bar{B}_{fr} , по сравнению с исходным значением \bar{B}_f . Для количественной оценки снижения средней яркости удобно ввести величину $\Delta \bar{B}_f = (\bar{B}_f - \bar{B}_{fr})$, или безразмерный параметр $\Delta \bar{b}_f = (\bar{b}_f - \bar{b}_{fr})$.

Недостаток освещения в отсутствие тумана приводит сначала к снижению средней яркости изображения. Это соответствует $\Delta d_f = 0$ и $\Delta \bar{b}_f > 0$. При этом после того, как минимальная яркость

изображения $-B_{\min}$ достигнет нулевого значения, дополнительно начнется снижение ширины гистограммы яркости, что соответствует возрастанию величины $\Delta d_f > 0$.

Осадки можно представить в виде композиции тумана (параметры Δd_{fr} и $\Delta \bar{b}_{fr}$) и появления на изображении совокупности капель – малоразмерных объектов по форме близких к кругу, и имеющих яркость B_S .

Для актуального случая, когда телевизионная камера, формирующая изображение, смотрит сверху вниз, можно принять, что диаметр отдельных капель имеет значение, равномерно распределенное в пределах $1 \dots S$ точек изображения. Например, для изображения форматом 384×288 целесообразно принять $S = 5$. При этом общее количество капель задается как вероятность (f_S), с которой каждая из $1/S^2$ точек изображения является центром капли. В итоге совокупность капель задается параметрами $B_S = B_{\min} \dots B_{\max}$, $S \approx 5$, $f_S = 0 \dots 1$.

В данной работе не рассматриваются такие специфические факторы, как блики, имеющие место при наблюдении, например, асфальтового покрытия при дожде или в свете фар транспортных средств.

Рассмотренные выше характеристики позволяют формально описать некоторое *эталонное изображение*, а также количественно охарактеризовать вызванное реализовавшимися *условиями наблюдения* ухудшение качества обрабатываемого изображения по сравнению с эталонным изображением.

Для того, чтобы учесть влияние условий наблюдения ($D_{fr}, \Delta \bar{B}_{fr}$) на эталонное изображение (D_f, \bar{B}_r) следует скорректировать яркость каждой точки в соответствии со следующим алгоритмом:

- оценить среднюю яркость (\bar{B}_f) и ширину гистограммы яркости (D_f) исходного (эталонного) изображения $b(x, y)$;

- скорректировать контрастность изображения $b(x, y)$, используя соотношение
$$b_1(x, y) = \left(b(x, y) \cdot \frac{D_{fr}}{D_f} \right);$$

- оценить \bar{B}_{f1} – среднюю яркость изображения $b_1(x, y)$;

- скорректировать яркость изображения $b_1(x, y)$ в соответствии с выражением
$$b_2(x, y) = b_1(x, y) - \Delta \bar{B}_{1f} + \bar{B}_f - \Delta \bar{B}_{fr}.$$

Изображение $b_2(x, y)$, сформированное из эталонного указанным способом, будет соответствовать заданным условиям наблюдения ($D_{fr}, \Delta \bar{B}_{fr}$). Рис. 5, Рис. 7, Рис. 9, Рис. 11, Рис. 12 иллюстрируют изображения, полученные рассмотренным способом из изображения, представленного на Рисунке 1 для случаев:

- двукратного уменьшения ширины гистограммы яркости ($D_{fr} = D_f / 2$) при неизменной средней яркости ($\Delta \bar{B}_{fr} = 0$) – Рис. 5;

- неизменной ширины гистограммы яркости ($D_{fr} = D_f$) при максимальном снижении средней яркости ($\Delta \bar{B}_{fr} = B_{\min}$) – Рис. 7;

- двукратного уменьшения ширины гистограммы яркости ($D_{fr} = D_f / 2$) при максимальном снижении средней яркости ($\Delta \bar{B}_{fr} = B_{\min}$) – Рис. 9;

- неизменной ширины гистограммы яркости ($D_{fr} = D_f$) и неизменной средней яркости ($\Delta \bar{B}_{fr} = 0$) при 10% интенсивности осадков – Рис. 11;

- неизменной ширины гистограммы яркости ($D_{fr} = D_f$) и неизменной средней яркости ($\Delta \bar{B}_{fr} = 0$) при 30% интенсивности осадков – Рис. 12.

Рис. 6, 8, 10 содержат гистограммы распределения яркости объекта и локального фона для рисунков Рис. 5, 7, 9 соответственно. Основные количественные характеристики рассматриваемых изображений содержит Таблица 1.

Теперь можно проиллюстрировать использование описанного подхода учета условий наблюдения для оценки качества работы системы обнаружения объектов на изображении. При этом скорректированные

указанным способом последовательности изображений подаются на вход системы обнаружения объектов. Оценивается качество обнаружения для различных (требуемых) условий наблюдения.



Рис. 5. Ширина гистограммы уменьшена вдвое, средняя яркость сохранена

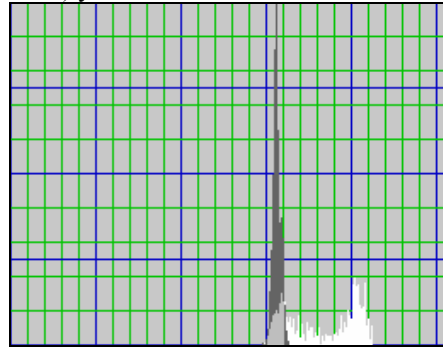


Рис. 6. Гистограммы яркости: объект (светлый), локальный фон (темный)



Рис. 7. Ширина гистограммы сохранена, средняя яркость максимально уменьшена

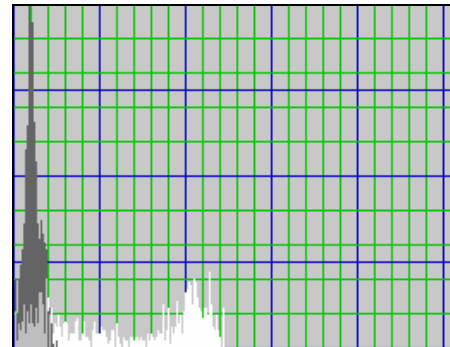


Рис. 8. Гистограммы яркости: объект (светлый), локальный фон (темный)



Рис. 9. Ширина гистограммы уменьшена вдвое, средняя яркость максимально уменьшена

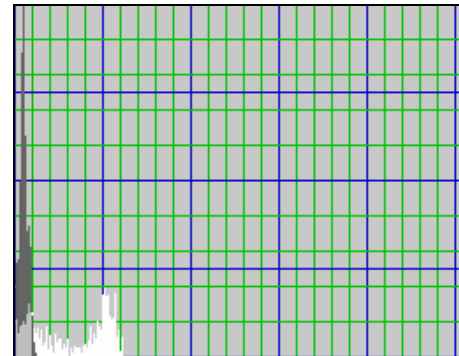


Рис.к 10. Гистограммы яркости: объект (светлый), локальный фон (темный)



Рис. 11. Осадки 10%



Рис. 12. Осадки 30%

Таблица 1. Количественные характеристики изображений

Изображение	$\bar{B}_{f(r)}$	$\bar{B}_{o(r)}$	$\bar{B}_{l(r)}$	$D_{f(r)}$	$D_{o(r)}$	$D_{l(r)}$	$\Delta\bar{B}_{f(r)}$	$\Delta D_{f(r)}$	B_S	S	f_S
Рис. 1	168	196	143	120	120	40	0	0	-	-	0

Рис. 5	169	183	156	60	60	10	0	60	–	–	0
Рис. 7	36	64	11	120	120	20	132	0	–	–	0
Рис. 9	18	31	5	60	60	10	150	60	–	–	0
Рис. 11	168	196	143	120	120	40	0	0	<i>B</i>	5	0,1
Рис. 12	168	196	143	120	120	40	0	0	<i>B</i>	5	0,3

Примечание: здесь и ниже обозначено $B \approx |\bar{B} - B(x, y)|$

В рассматриваемом случае в качестве эталонной использовалась последовательность изображений один из кадров которой отображает Рис. 1. Обнаружение объекта (автомобиля) проводилось на каждом кадре.

Сравнивались значения f – число кадров, на которых происходило обнаружение для последовательностей исходных («эталонных») изображений (D_f, \bar{B}_f) и f_r – число кадров, на которых происходило обнаружение для последовательностей изображений, скорректированных для заданных условий наблюдения (D_{fr}, \bar{B}_{fr}). Относительная величина f_r / f характеризует изменения качества работы алгоритма обнаружения в заданных условиях наблюдения по сравнению с эталонными. Соответствующие результаты содержат Таблица 2, Таблица 3, Таблица 4.

Следует отметить, что Таблица 3 содержит значение $f_r / f > 100\%$, что говорит о том, что изображение, принятое за эталонное, по своим качествам для использованного алгоритма обнаружения не является таковым. Данный результат говорит о возможности использования описанного способа варьирования условиями наблюдения для определения наилучших условий для конкретной системы обнаружения.

Таблица 2. Зависимость показателей обнаружения от ширины гистограммы яркости

D_{fr}	D_{fr} / D_f	\bar{B}_{fr}	f_r / f
130	100%	168	100%
104	80% (1/1,25)	168	50%
86	66%(1/1,5)	168	25%
74	57%(1/1,75)	168	0%
65	50%(1/2)	168	0%

Таблица 3. Зависимость показателей обнаружения от средней яркости

D_{fr}	\bar{B}_{fr}	\bar{B}_{fr} / \bar{B}_f	f_r / f
130	168	100%	100%
130	138	82%	187%
130	108	78%	100%
130	78	46%	25%

Таблица 4. Зависимость показателей обнаружения от интенсивности осадков

f_s	B_s	S	f_r / f
0	–	–	100%
10	<i>B</i>	5	87%
20	<i>B</i>	5	25%
30	<i>B</i>	5	12%

Представленные результаты иллюстрируют применимость предложенного подхода к имитации варьируемых условий наблюдения для оценки качества работы системы обнаружения объектов на изображении.

Таким образом, предложен способ описания наблюдаемой сцены и условий наблюдения, позволяющий генерировать изображения с заданными условиями наблюдения. Показана возможность использования предложенного подхода для оценки качества работы системы обнаружения объекта на изображениях в различных условиях наблюдения.



SCENE DESCRIPTION

Aksenov O.

RC «Module», Moscow, aks@module.ru

Working capability of the image processing system depends both on image processing methods and on observed scene and actual observation conditions. In some cases it is desirable to use a formal description of the observed scene and observation conditions. It can take place in the task of quality estimation of the image processing system, for example. In this article the method of such a task solution is offered. The proposed approach is illustrated by the task of quality estimation of the image processing system in different observation conditions.

The best method of observed scene description is to show a typical image. However in practice it is possible to use a formal description. This description can employ such parameters as typical form of the object, relative dimensions of the object, number of objects on the image, minimal distance between borders of objects and characteristics of background near the object.

Imitation of the observation conditions change based on the bright correction of each point of image is offered. This correction has to change the width of brightness histogram and average brightness of image. An algorithm for simulation of such observation conditions as rain, fog, deficient of light is offered. This algorithm is based on control of the width of brightness histogram and average image brightness.

Efficiency of the offered algorithm is illustrated on an image that is typical of a moving vehicles detection system.

Potential of the proposed approach for the task of quality estimation in the object detection system functioning in different observation condition is demonstrated.

