

Сухарев Д.В.

Старший эксперт отдела криминалистических исследований
ФБУ Ульяновская ЛСЭ Минюста России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИГНАЛА СВЕТОФОРА НА СЕРИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB

Предлагается и обосновывается способ определения сигнала светофора на серии изображений с использованием MATLAB.

Ключевые слова: видеозапись ДТП, светофор, MATLAB.

D. Sukharev

Senior forensic examiner, Laboratory of forensic crime scene investigation, Ulyanovsk Laboratory of Forensic Science of the Russian Ministry of Justice

USING MATLAB TO DETERMINE THE TRAFFIC LIGHT SIGNAL IN A SERIES OF IMAGES

The method of determining the traffic light on a series of images using MATLAB is proposed and justified.

Keywords: traffic accident video, traffic light, MATLAB.

В настоящее время в следственной и экспертной практике возникают ситуации, когда для определения причин дорожно-транспортного происшествия (ДТП) необходимо установить, на какой сигнал светофора двигались участники ДТП [3]. В литературе [2] предлагаются некоторые подходы для решения рассматриваемой задачи, однако все они сопровождаются субъективной оценкой эксперта и зачастую требуют значительного времени для многократного покадрового просмотра видеопоследовательности. В целях автоматизации процесса предлагается способ определения сигнала светофора по видеопоследовательности с использованием математической системы MATLAB и набора инструментов Image

Processing Toolbox, позволяющих решать широкий спектр задач обработки изображений.

Поскольку видеопоследовательность представляет собой последовательность изображений, дальнейшие рассуждения распространялись именно на серию изображений, хотя средствами MATLAB возможно и потоковое чтение видеопоследовательности. В обоснование указанного подхода был положен тот факт, что раскодировку видеопоследовательности (покадровое извлечение изображений) возможно осуществить различными медиапроигрывателями, в том числе специализированными, в то время как потоковое чтение видеопоследовательностей в системе MATLAB ограничено встроенными кодеками [4].

Суть рассматриваемого способа сводится к определению значения яркости оттенков серого в точке на изображении и отслеживанию изменения значения яркости на серии изображений, полученной в ходе раскадровки, что соответствует изменению яркости неподвижного объекта на изображении во времени. Для этого в системе MATLAB была разработана соответствующая функция согласно алгоритму:

- 1) считывание из файла цветного изображения (цветовое пространство RGB);
- 2) преобразование цветового пространства в оттенки серого;
- 3) определение значения яркости оттенков серого в заданной точке;
- 4) построение графика.

Преобразование цветового пространства RGB в оттенки серого обусловлено тем, что шкала градаций серого расположена на диагонали в цветовом кубе модели RGB таким образом, что каждая составляющая получает одинаковые значения, равные значениям оттенков серого – вершина с координатами (0,0,0) соответствует черному «0», вершина с координатами (1,1,1) соответствует белому «255» (рис. 1).

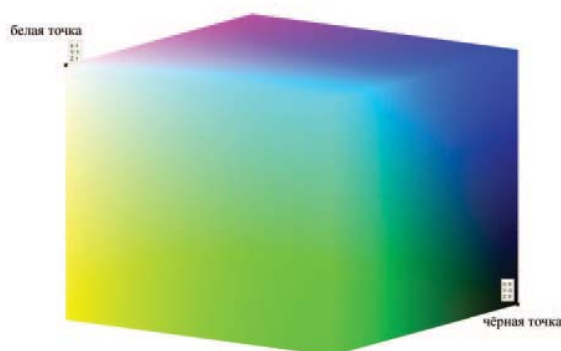


Рис. 1. Цветовой куб модели RGB

Данное упрощение задачи обусловлено также и тем, что предлагаемым способом определяется не сам цвет (свет) секции светофора, а именно ее состояние (включена/выключена), исходя из того, что значение яркости оттенков серого включенной секции значительно выше этого же значения выключенной секции на изображении.

Выбор точки на изображении осуществляется на основании изображения светофора, представленного отдельно в

хорошем качестве, с учетом расположения секций светофора согласно ГОСТ Р 52282-2004 [1], путем проведения соответствующих масштабных измерений (при невозможности точного определения положений секций светофора).

Предлагаемый способ определения сигнала светофора был использован в экспертной практике ФБУ Ульяновская ЛСЭ Минюста России для решения вопроса «На какой сигнал светофора начал движение автомобиль, из которого произведена видеозапись обстоятельств дорожно-транспортного происшествия?» (рис. 2).

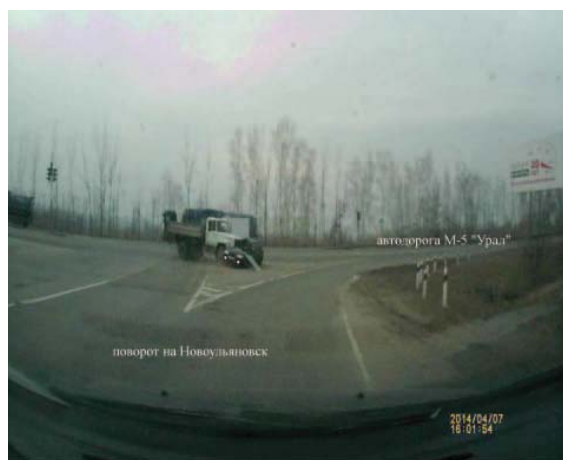


Рис. 2. Событие ДТП

Начало движения автомобиля с видеорегистратором определялось по изменению положения стационарных предметов в поле кадра (рис. 3).



Рис. 3. Начало движения автомобиля с видеорегистратором

Координаты точки выбирались с помощью функции imtool (набор инструментов IPT) для красной и желтой секций светофора на основании его изображения (рис. 4).



Рис. 4. Изображение светофора

В ходе анализа изображений были получены две зависимости яркости точки от номера кадра (исследуемым диапазоном является фрагмент видеозаписи с 31 по 300 кадр, что обусловлено остановкой автомобиля с видеорегистратором на красный сигнал светофора). Исследованием установлено, что на указанной серии изображений в области красной секции не наблюдается изменения яркости (рис. 5).

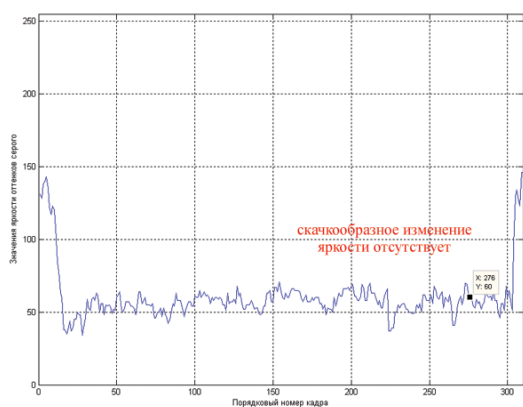


Рис. 5. Значения яркости красной секции на серии изображений

В то время как в области желтой секции наблюдается скачкообразное изменение яркости на участке с 275 по 276 кадр – выделено красным (рис. 6).

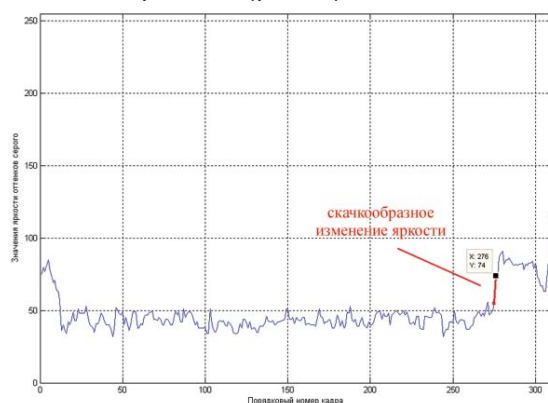


Рис. 6. Значения яркости желтой секции на серии изображений

Таким образом, автомобиль, из которого произведена видеозапись обстоятельств дорожно-транспортного происшествия, начал движение на сочетание красного и желтого сигналов светофора (момент времени соответствует кадру 300).

С учетом данных о режиме работы светофорного объекта, периоде времени между включением сочетания красного и желтого сигналов и появлением участника ДТП в кадре, известной частоте кадров было определено, на какой сигнал светофора проезжали перекресток участники ДТП (рис. 7).

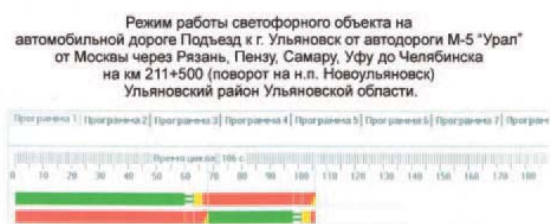


Рис. 7. Режим работы светофорного объекта

Предлагаемый способ также был использован для контрольных тестов по имеющимся в ФБУ Ульяновская ЛСЭ Минюста России видеопрограммам, оставшимся после производства экспертиз, где вопрос об определении сигнала светофора не ставился.

Так, например, производилось исследование изменения яркости зеленой секции крайнего правого пешеходного светофора (рис. 8, 9).



Рис. 8. Событие ДТП



Рис. 9. Изображение светофора

Анализ графика зависимости яркости оттенков серого точки изображения от номера кадра на серии изображений показал, что отчетливо видна диаграмма работы светофорного объекта: включение зеленой секции светофора соответствует значениям яркости в области значений 250 – выделено красным (рис. 10).

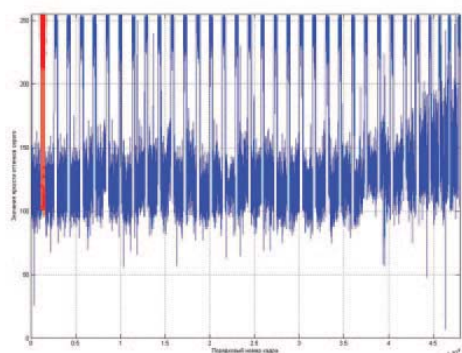


Рис. 10. Значения яркости зеленой секции крайнего правого пешеходного светофора на серии изображений

При этом шумы, связанные с засветом секции светофора («фантомный» сигнал, отдельные пики на графике – выделено красным на рис. 11), легко отличимы от переключения секции (рис. 11).

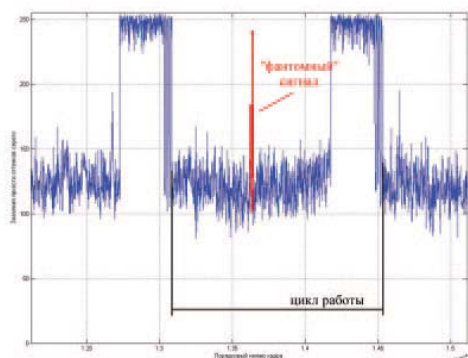


Рис. 11. Значения яркости зеленой секции – засвет секции

Помимо этого можно определить мигающий сигнал – выделено красным (рис. 12)

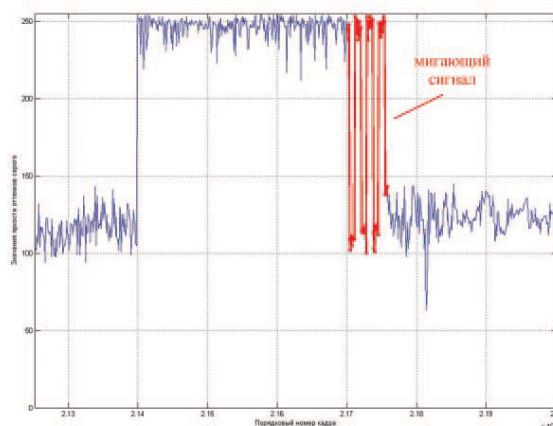


Рис. 12. Значения яркости зеленой секции – мигающий сигнал

Также проводилось исследование изменения яркости красной секции крайнего правого транспортного светофора, которое на видеограмме отображается как мерцание, связанное с особенностями работы видеорегистратора и светодиодного светофорного объекта (рис. 13).

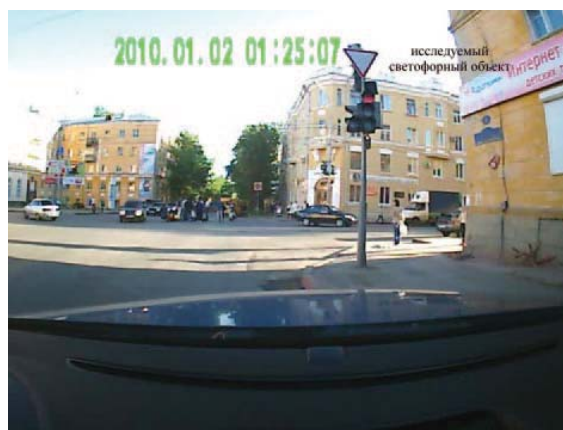


Рис. 13. Мерцание красной секции светофора на видеограмме

Анализ графика зависимости яркости оттенков серого точки изображения от номера кадра на серии изображений показал, что отчетливо видна диаграмма работы светофорного объекта: включение красной секции светофора соответствует значениям в области «150» – переключение выделено красным (рис. 14).

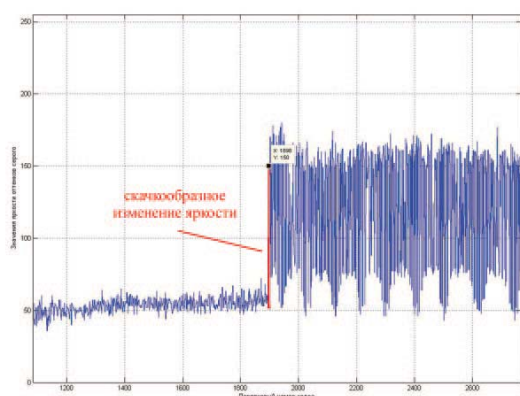


Рис. 14. Значения яркости красной секции крайнего правого транспортного светофора на серии изображений

При этом становятся легко различимыми отличия мигающего сигнала (скачкообразное изменение яркости, см. рис. 12 – выделено красным) от мерцания секции на видеограмме (плавное изменения яркости, рис. 15 – выделено красным).

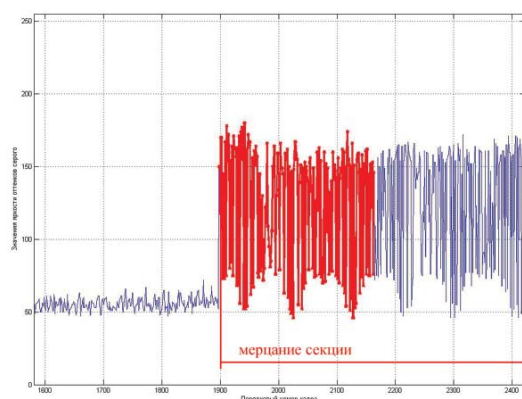


Рис. 15. Значения яркости красной секции – мерцание секции на видеограмме

По результатам контрольных тестов было установлено, что с помощью предлагаемого способа достоверно определяются режимы работы светофорного объекта (переключение сигналов, мигающий сигнал), при этом становятся различимыми шумы и искажения: засвет секции («фантомный» сигнал) и мерцание секции на видеограмме. Ограничением в применении способа является исследование яркости лишь неподвижных объектов в поле кадра видеограммы. Однако данное ограничение устранимо путем создания алгоритма отслежи-

вания движущихся объектов в кадре. Кроме этого, в целях повышения чувствительности (уменьшения уровня шумов) возможно применение пространственной фильтрации – оценку яркости проводить не только в конкретной точке изображения, но и в окрестности этой точки.

Также предполагается, что предлагаемый способ определения сигнала светофора с использованием MATLAB применим для решения любых вопросов, связанных с оценкой скачкообразного изменения яркости оттенков серого в точке, в том числе для определения по видеограмме проезда одиночного автомобиля на продолжительных записях. Так, в указанном случае скачкообразное изменение яркости будет соответствовать появлению объекта на изображении: предполагается, что значение яркости оттенков серого дороги всегда отличается от значения яркости оттенков серого кузова автомобиля (совпадение значений яркости оттенков серого дороги и кузова автомобиля при прочих равных условиях невыполнимо).

Литература

1. ГОСТ Р 52282-2004. Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. с 1992-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.
2. Звездин М.В. Возможность установления «цвета» сигнала светофора по градациям серого // Актуальные вопросы экспертизы видеозаписей: материалы всероссийского семинара, проходившего в г. Нижнем Новгороде 13–17 мая 2013 г. / под ред. В.Н. Пронина, П.Г. Лесниковой. – Н. Новгород, 2014. – С. 250–254.
3. Петров С.М. Исследование материалов видеозаписи с целью установления обстоятельств дорожно-транспортного происшествия // Теория и практика судебной экспертизы. – 2013. – № 4. – С. 62–82.
4. Documentation: VideoReader class [Электронный ресурс]. – Электрон. текст. дан. – The MathWorks, Inc. [б.и.], 2014. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/videoreader-class.html>, свободный.