

И. Н. Гладкая – магистрант кафедры электронных и телевизионных систем

О. С. Астратов (канд. техн. наук, проф.) – научный руководитель

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ, ОСНОВАННЫЙ НА ЦВЕТОВЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКАХ

Детектирование дыма и огня по видеоизображению имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. В последнее время, когда камеры резко подешевели и получили широкое распространение, эта проблема стала особенно актуальной. В работе приведено описание алгоритма, позволяющего эффективно определять области лесных пожаров на видеоизображении.

В настоящее время наиболее распространенными методами обнаружения задымления и огня являются пробы частиц воздуха, измерение внешней температуры и прозрачности среды. Однако они все требуют соответствующих датчиков и приборов в непосредственной близости от источника возгорания, что затрудняет работу на открытом пространстве. Детектирование очага возгорания по видеоизображению имеет ряд преимуществ: возможность обнаружения дыма и огня даже на открытых пространствах, где обычные методы химического анализа бесполезны; обнаружение огня происходит в момент его возникновения; видеоизображение позволяет точно определить месторасположение очага возгорания. Алгоритм обнаружения пламени и/или дыма основан на использовании информации о цвете и движении объектов в кадре.

Цветовые характеристики

Опираясь на предыдущие труды в области обнаружения огня, следует отметить, что главной характеристикой огня является цвет. Одним из основных требований метрологии цвета является однозначность и воспроизводимость результатов измерений. Под однозначностью понимается способность одного и того же признака всегда давать одинаковые значения, а под воспроизводимостью – сопоставимость полученных результатов измерения. Для удовлетворения этих условий необходимо, чтобы измерения проводились в одних и тех же условиях принятых за норму. Совокупность нормированных условий измерений цвета составляет колориметрическую систему, основанную на законах Грассмана [1].

Для исследования цветовых характеристик используем несколько тестовых изображений огня и дыма, представленных в колориметрических системах *RGB*, *YCrCb* и *YIQ*. В системах *YCrCb* и *YIQ* содержится информация не только о цвете *Cb*, *Cr* и *I*, *Q*, но и отдельно о яркости объекта *Y*. При съемке в темное время суток компоненты цвета равны нулю, что позволяет исследовать информацию только о яркостной составляющей.

В соответствии с отсечениями по порогам яркости (1) и (2), для каждого изображения создается маска местоположения огня (маска огня), элементы которой равны 1, если соответствующий пиксель изображения имеет заданный цвет, и равны 0 для фоновых пикселей (рис. 1, б) [2].

$$f_R > 190; f_G > 100; f_B < 140, \quad (1)$$

$$0.25 \leq f_G / (f_R + 1) \leq 0.65, \quad 0.05 \leq f_B / (f_R + 1) \leq 0.45, \quad 0.20 \leq f_B / (f_G + 1) \leq 0.60, \quad (2)$$

где $f_{R,G,B}$ – яркости каналов *R* (красного), *G* (зеленого) и *B* (синего) цветов.





Рис. 1.

а) исходные *RGB*, *YCrCb* и *YIQ* изображения; б) созданные маски

Созданные маски позволяют акцентировать внимание только на зоны очага возгорания – области интереса. Гистограммы, полученные путем разложения на цветовые составляющие областей интереса (рис. 2) наглядно показывают, что пороги (1) и (2) вставленные при создании маски, являются правильными и соответствуют требованиям.

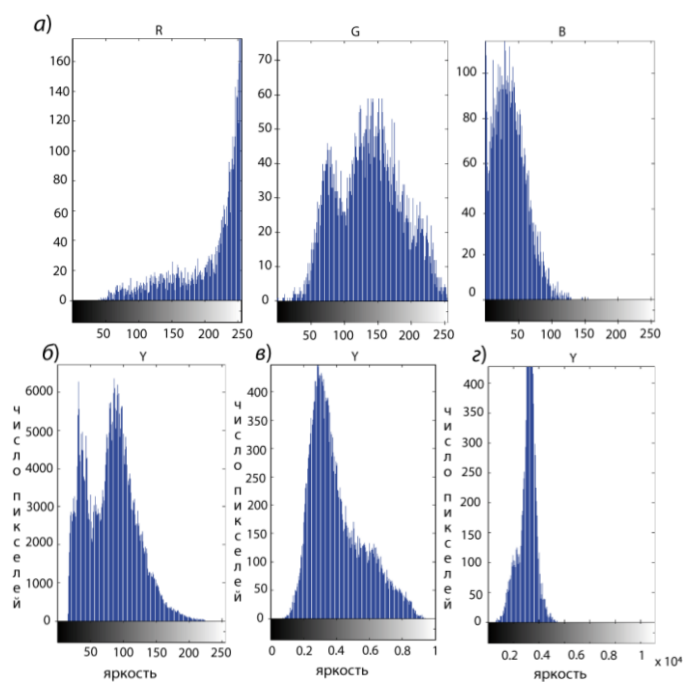


Рис. 2. Гистограммы, полученные при разложении изображений

а) на *R*, *G* и *B* составляющие системы *RGB*, б) на *Y* составляющие системы *YCrCb*,
в) на *Y* составляющие системы *YIQ*.

Динамические характеристики

Одного признака, каковым является цвет, недостаточно для корректной идентификации огня и тем более дыма на изображениях. Ряд сходных областей могут попасть в маску огня, и поэтому дополнительный анализ необходим, для уточнения результата. В дополнение цветовому анализу можно применить динамические признаки. В качестве таких признаков можно использовать изменения формы пламени, его перемещение и мерцание. В промежутке между двумя последовательными кадрами (рис. 3) форма пламени может меняться весьма существенно, присутствуя в конкретном пикселе только определенное время. Поэтому для корректного детектирования огня/дыма необходимо использовать признаки, основанные на динамических изменениях сцены $D(x, y)$ в сочетании с признаками, определяющими цвет пламени/дыма. Динамические характеристики определяются при помощи усреднения по n кадрам модуля разности интенсивностей одного и того же пикселя между двумя последовательными кадрами (рис. 3, в) [3]:

$$D(x, y) = \frac{\sum_{t=1}^n |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)|}{n-1},$$

где I – функция, которая для данных значений (R, G, B) возвращает значение, равное $(R + G + B)/3$.

Наибольшие значения величина $D(x, y)$ принимает для пикселей, соответствующих отблескам огня/дыма, а движение объектов обычно характеризуется медленными временными изменениями интенсивности (рис. 3, а).

Интенсивность пикселя может меняться также вследствие движения объектов. Поэтому точно такая же разность $N(x, y)$ вычисляется для фоновых пикселей:

$$N(x, y) = \frac{\sum_{x,y, Color(x,y)=0} D(x, y)}{M}$$

и вычитается из $D(x, y)$ для устранения эффектов движения (рис. 3, б):

$$\Delta(x, y) = D(x, y) - N(x, y),$$

где M – это количество пикселей изображения, являющихся фоном.

Все полученные результаты сведены в таблицу.

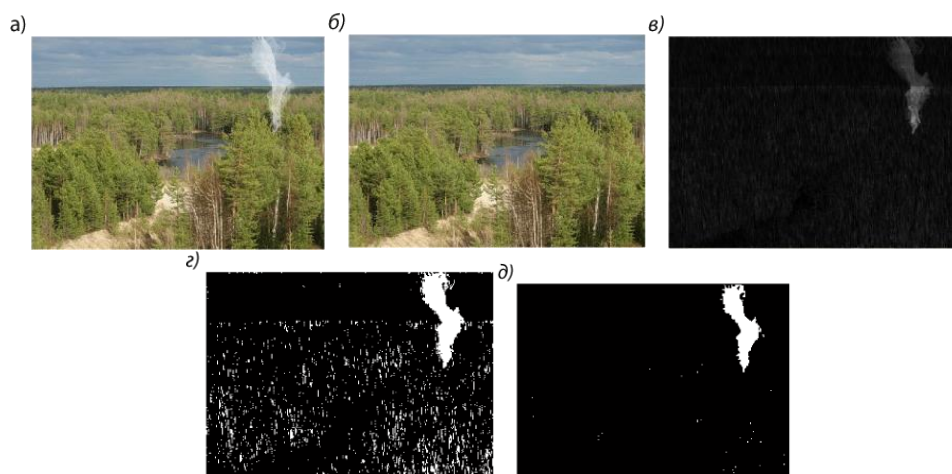


Рис. 3.

- а) последовательность кадров лес с дымом; б) лес без дыма;
в) разность интенсивностей одного и того же пикселя между двумя последовательными кадрами;
г) созданная маска; д) устранение эффектов движения фона

Таблица

		Средние значения							
Изображения			Огонь_1	Огонь_2	Огонь_3	Дым_1	Дым_2	Дым_3	Дым_4
Лес без огня и дыма	RGB	R	10	25	72	80	52	75	50
		G	15	17	71	77	45	68	55
		B	3	10	24	65	30	40	50
	YCbCr	Y	86	114	100	112	100	100	109
	YIQ	Y	0.07	0.04	0.125	0.1	0.06	0.1	0.13
Лес с огнём/дымом	RGB	R	253	252	252	153	245	178	200
		G	194	220	179	165	240	190	220
		B	5	80	40	180	200	204	240
	YCbCr	Y	86	109	110	135	158	143	148
	YIQ	Y	0.33	0.4	0.4	0.17	0.29	0.24	0.25

Заключение

В работе использовались видеоизображения леса, содержащие огонь и дым. В таблице представлены результаты, полученные путем определения огня/дыма по признаку цвета, и по яркости. Исходя из них видно, что исследованные методы обнаружения огня/дыма правильны, и их можно применять для различных колориметрических систем не подстраиваясь под каждую систему индивидуально.

Исследуя одно и то же изображение одновременно во всех системах (*RGB, YCbCr, YIQ*), позволяет повысить точность определения места возгорания в лесном массиве по изображению.

Библиографический список

1. Горбачев В. Н. «Элементы обработки цифровых изображений» Санкт-Петербург, 2012. 49 с.
2. Paulo Vinicius Koerich Borges, Joceli Mayer, Ebroul Izquierdo. «EFFICIENT VISUAL FIRE DETECTION APPLIED FOR VIDEO RETRIEVAL». LPDS - Dept. of Electrical Engineering, Federal University of Santa Catarina, Brazil. MMV - Dept. of Electronic Engineering, Queen Mary, University of London, UK. 2008. 5 с.
3. Лукьяница А. А., Шишкин А. Г. «Цифровая обработка видеоизображений» Издательство «Ай-Эс-Эс Пресс» Москва 2009. 518 с.