



УДК 630.43:005.584.1

© А. Г. Шоберг, С. В. Сай, 2013

ОБНАРУЖЕНИЕ ДЫМА НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Шоберг А. Г. – канд. техн. наук, доцент кафедры «Вычислительная техника», тел.:(4212) 22-43-53, e-mail: shoberg@rambler.ru; *Сай С. В.* – д-р техн. наук, зав. кафедрой «Вычислительная техника» (ТОГУ)

Обнаружение дыма на ранних этапах возникновения пожара позволяет снизить негативные последствия. Использование видеокамер и эффективных методов обработки видеопоследовательностей для обнаружения дыма помогает решить данную задачу. Предлагаемый алгоритм содержит последовательность шагов с использованием модели вычитания фона и вейвлет-преобразования.

Smoke detection at early stages of fire reduces negative impacts. Video cameras and effective video sequences processing used for smoke detection make it possible to solve the problem. The proposed algorithm contains a sequence of steps using the background subtraction model and wavelet transform.

Ключевые слова: обработка изображений, видеопоследовательность, обнаружение дыма, вейвлет-преобразование.

При возникновении пожара, минимальная задержка времени его обнаружения имеет решающее значение для сведения к минимуму ущерба и спасения жизней. Видеосистемы обнаружения дыма могут использоваться, как для небольших помещений, заменяя датчики, так и для открытого пространства. Подобная система контролирует большую площадь и может иметь гораздо большую вероятность раннего обнаружения дыма или огня. В целом же задача сводится к обнаружению аномалий, которые могут появиться на очередном кадре последовательности изображений. Такими аномалиями кроме того могут быть, например, очаги лесных пожаров, патологические изменения на медицинских изображениях, новые объекты в охраняемой зоне и др.

Быстрое развитие технологий разработки цифровых камер и компьютерного зрения, существенно повышает возможности проектирования систем обнаружения, базирующихся на обработке изображений. Производительность такой системы в значительной степени зависит от скорости алгоритма распознавания, но необходимый высокий уровень обнаружения должен

сопровождаться с наименьшим уровнем ложных срабатываний. На точность обнаружения будут влиять расстояние и площадь горения, время года и суток, а кроме того туман, облака и др. Могут существовать условия, когда дым от пожара практически не просматривается [1].

Дым является хорошим признаком пожара, но так как он не имеет определенной формы и цвета его всегда трудно классифицировать. Негативными факторами, влияющими на правильность определения, а также на количество ложных срабатываний, являются следующие:

- разнообразие факторов (широкий диапазон изменчивости плотности дыма, освещения, фона, помехи от подвижных объектов и т.д.);
- количественные характеристики (ни одна из стандартных характеристик изображений, такие как интенсивность движения, контуры и затемнения не достаточно хорошо характеризует дым);
- сложность математического обеспечения (визуальные картины дыма трудно моделировать с достаточной точностью).

Для начальных установок программ дым удобно рассматривать как фигуру близкую к конусу светло-серого цвета.

На основе вышеизложенного можно сформулировать следующие требования к разрабатываемой схеме обнаружения дыма.

Алгоритм обнаружения дыма должен базироваться на нескольких различных алгоритмах, работающих вместе, для повышения уровня правильного (устойчивого) детектирования и, соответственно, снижения количества ложных срабатываний (тревог). Алгоритм должен максимально использовать признаки задымления на видео – обнаружение движения, обнаружение контуров и изменение движущихся форм.

Объём информации, поступающей с камеры и требующей обработки, определяется следующим образом

$$N_{общ} = N_k whN_c, \quad (1)$$

где $N_{общ}$ – количество байтов, требующих обработки за секунду;

N_k – количество кадров в секунду;

w, h – количество пикселей по ширине и высоте кадра;

N_c – количество байт на цвет.

Исходная видеопоследовательность при параметрах цветного изображения 1600x1184 и 25 кадров в сек. дает поток более 45 мб/сек. При обработке исходная последовательность преобразовывалась к размерам 176x144 при 3 фрс и 460x375 при 1 фрс, чтобы обеспечивать реальный масштаб времени.

Кроме того, это позволяет обрабатывать изображения максимально быстро и обходиться минимально возможным объемом памяти.

На рис. 1 представлены кадры начального периода возникновения пожара. Здесь кадр а) не содержит элементов дыма и может рассматриваться как опорный. Кадры б), с) и д) имеют задымление, но отличаются по признакам – яркости и форме.

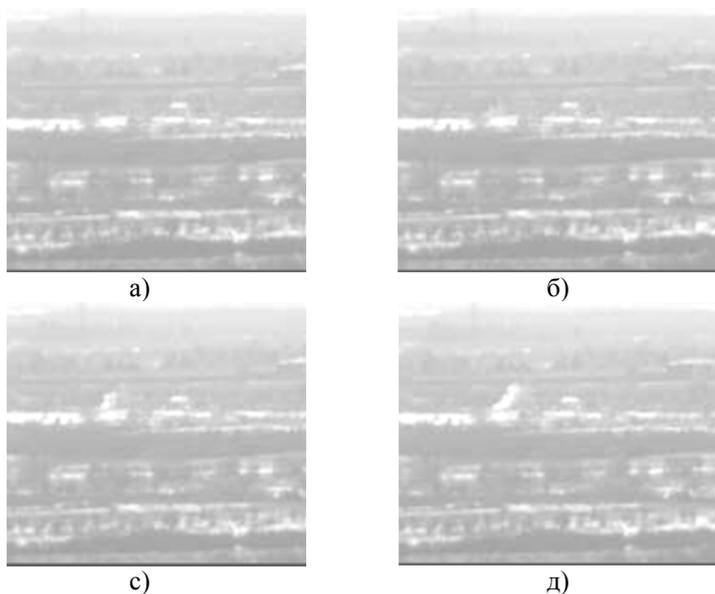


Рис. 1. Начальный период возникновения пожара

Неподвижный фон испытывает небольшие изменения формы и цвета от кадра к кадру, поэтому необходимо произвести предобработку кадров, чтобы максимально снизить эффекты, влияющие на качество принимаемого кадра. При этом наиболее эффективной является фильтрация шума, например на основе медианной фильтрации. При длительном наблюдении возможны изменения яркости и контрастности, которые могут внести искажения на получаемые результаты. Кроме того влияние дрожания камеры вносит достаточно высокие искажения, которые могут увеличиваться при сильном ветре.

На рис. 2 представлены яркостные профили по строкам изображений, в начальные моменты возникновения дыма, по четырем кадрам усредненные по строкам. На всех графиках рис. 2 присутствуют эффекты дрожания изображения, которые могут приводить к ложному детектированию, при этом расчет среднего значения с захватом строк фона снижает амплитуду детектируемого пика, связанного с задымлением. Минимизация влияния дрожания камеры при уровне 25% превышения яркости предыдущего кадра в области задымления наблюдается с 10 строк. При этом местоположение начала пожара практически не изменяется, что важно для определения азимутального направления на область пожара.

Изображение во многих случаях необходимо делить на регионы, размеры и формы которых зависят от ландшафта и расстояния от камеры. Подобная предварительная обработка может помочь в удалении небольших шумов, связанных с дрожанием камеры. Для видео с невысоким разрешением и на начальных этапах задымления разделение на подобные регионы может быть малоэффективным.

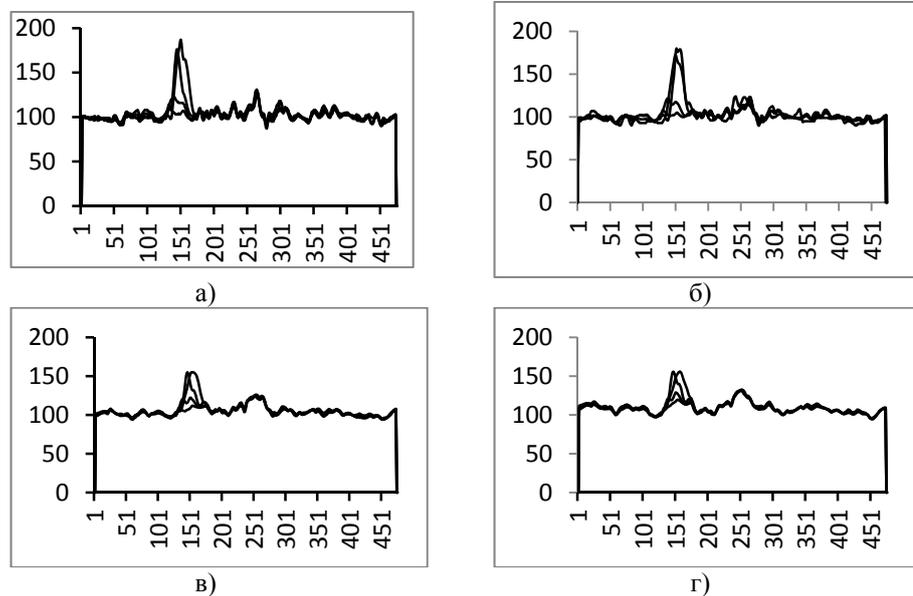


Рис. 2. Яркостные профили по строкам местоположения точки начала задымления:
 а) – одна строка, б, в и г – среднее по 5, 10 и 15 строкам, соответственно

После предварительной обработки изображения реализуется алгоритм обнаружения движения на основе межкадровой разности. Если движения не будет обнаружено, то дальнейший анализ для этого временного промежутка не требуется.

Алгоритм обнаружения движения основан на обнаружении изменений на изображениях от кадра к кадру. Дым, как движущийся объект, изменяет форму, двигаясь по ветру и вверх, и регистрируется как источник тревоги. Но кроме него фиксируются также облака, движущиеся транспортные средства, птицы и т.п.

Модель вычитания фона может быть рассмотрена в следующем виде

$$|B_t - I_t| > \delta, \quad (2)$$

где B_t и I_t – значения яркостей для фонового и текущего кадра, соответственно; δ – уровень порога.

На основе (2) можно использовать предсказание для последующего кадра B_{t+1} в виде

$$B_{t+1}(x, y) = \begin{cases} aB_t(x, y) + (1-a)I_t(x, y), & \text{если есть движение} \\ B_t(x, y), & \text{если движения нет} \end{cases}, \quad (3)$$

где a – коэффициент, показывающий соотношение фона и детектируемого объекта [2].

Использование фонового кадра, отстоящего от текущего на значение n , дает следующее значение при пороге T_t , определенного для каждого пикселя



$$|I_{t+n}(x, y) - I_t(x, y)| > T_t(x, y). \quad (4)$$

Оценка T_t может рассчитываться по формуле

$$T_t(x, y) = \begin{cases} aT_{t-1}(x, y) + (1-a)(c \times |I_{t-1}(x, y) - B_{t-1}(x, y)|), & \text{если есть движение} \\ T_{t-1}(x, y), & \text{если движения нет} \end{cases}, \quad (5)$$

где c – коэффициент, определяемый эмпирически, в данном случае значения могут выбираться от 4,3 до 6.

Минимально необходимое количество кадров для обнаружения может варьироваться от 4 до 16.

Подобная модель хорошо работает на поздних этапах пожара, когда интенсивность и площадь задымления велики. Однако при этом может оказаться, что различная интенсивность дыма даст несколько изолированных детектируемых объектов.

Количество ложных объектов изменяется от кадра к кадру и зависит от уровня порога.

Для повышения уровня детектирования предлагается к описанному выше алгоритму использовать вейвлет-преобразование.

Использование базисных вейвлет-функций обеспечивает качественное представление сигналов с локальными скачками, разрывами и т.д.

В соответствии с [3] вейвлет-преобразование одномерного сигнала – это его представление в виде обобщенного ряда или интеграла Фурье по системе базисных функций

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (6)$$

созданных из исходного вейвлета $\psi(t)$, обладающего определенными свойствами за счет операций сдвига во времени (b) и изменения временного масштаба (a).

Наиболее часто на практике используется вейвлет Хаара, определяемый соотношением:

$$\psi_h(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq 1/2, \\ -1, & 1/2 \leq t \leq 1, \\ 0, & t < 0, t \geq 1. \end{cases} \quad (7)$$

Использование выражений (2)-(4) с подбором коэффициента в выражении (5) при применении (6) и (7) к исходному изображению позволяет при низком пороге детектирования в начале задымления (при малой площади дыма) снизить количество ложных объектов.

На рис. 4 представлены результаты обнаружения дыма для ранних стадий задымления. Количество ложных объектов снижено примерно в 3 раза. Окрестность точки возникновения пожара совпадает в первом и втором случае. Попиксельное логическое умножение двух изображений дает координаты начала пожара в центре контура с максимальной площадью.

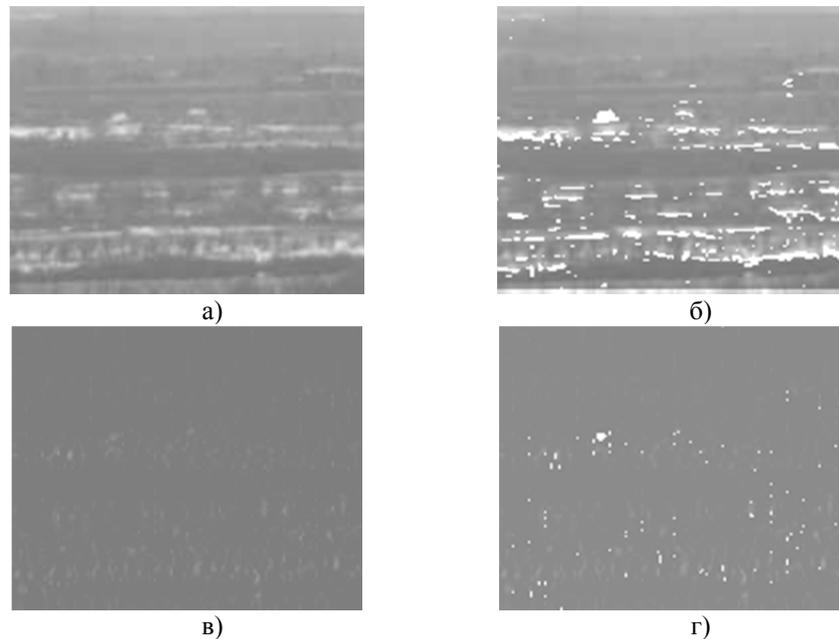


Рис. 4. Результаты выделения областей дыма с низким порогом:
а), б) - при обработке исходного изображения;
в), г) - с использованием вейвлет-преобразования

Выводы

Рассмотрена последовательность шагов алгоритма детектирования дыма на видеопоследовательности. Предложена модель обнаружения дыма с использованием вейвлет преобразования на начальном этапе возникновения пожара.

Библиографические ссылки

1. Федоров А.В., Членов Ф.Н., Лукьянченко А.А. и др. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография.-М:Академия ГПС МЧС России, 2009. – стр. 158.
2. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений – М.:«Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. – стр. 518.
3. Toreyin B., Dedeoglu Y, Cetin A. "Wavelet based real-time smoke detection in video," Signal Processing: Image Communication, EURASIP, Elsevier, 2005, vol. 20, pp. 255-260.