

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ, ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ВОЗНИКАЮЩИХ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАДРОВ

Алпатов Б.А., Бохан К.А.

Рязанская Государственная Радиотехническая Академия
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, каф. АиММ
Тел. (+7-0912) 72-07-73, факс (+7-0912) 72-22-15, E-mail: aimm@rgta.ryazan.ru

Реферат. Предложен эвристический алгоритм решения задачи автоматического обнаружения и выделения изображения динамических объектов в последовательности телевизионных кадров. Основными этапами алгоритма являются: оценка и анализ изменений фоновой и шумовой составляющих сцены, пороговая обработка, оценка параметров выделенных сегментов на бинарном изображении. Приводятся результаты исследований эффективности работы алгоритма и качества полученных сегментов в зависимости от размеров объекта и отношения сигнал/шум.

Имеется множество практически важных ситуаций, в которых возникает задача автоматического обнаружения, локализации и классификации динамических изменений, имеющих место в обрабатываемой последовательности кадров. При этом решение необходимо принимать в реальном масштабе времени, т.е. в темпе поступления кадров изображения. В качестве объектов могут выступать люди, автомашины, вспышки, блики оптики, детали на конвейере и т.п.

В данной работе задача обнаружения и выделения движущегося фрагмента решается на основе анализа изменений фоновой и шумовой составляющих наблюдаемой сцены в последовательности кадров [1, 2]. Предполагается, что система представляет собой неподвижную видеокамеру, подключенную к компьютеру, и, следовательно, сдвиг изображения в целом отсутствует.

Считаем, что дискретное изображение объекта представляет собой связанное множество точек с неизвестными яркостями. Под связностью здесь и далее будем понимать расположение точек объекта в соседних ячейках дискретного раstra.

При наблюдении за объектом, перемещающемся на сложном фоне, наиболее характерной является ситуация, когда фоновое изображение расположено в пространстве дальше, чем объект. В этом случае на наблюдаемом изображении объект слежения, перемещаясь, закрывает собой участок фона, расположенный за ним.

В основу алгоритма автоматического обнаружения и выделения динамических изменений, возникающих в последовательности кадров, легла идея оценки и последующего анализа динамических изменений, возникающих в каждой точке изображения во времени.

Наблюдая за изменениями, имеющими место на изображении во времени, мы имеем возможность оценить как сам фон, так и искажающую его помеху. Таким образом, появляется реальная возможность отделить полезный сигнал, создаваемый динамическим объектом, от шума и относительно стабильного фонового уровня. Поэтому, в разработанном алгоритме применяется параллельное вычисление оценок уровней яркости точек фона и оценок величины изменения уровней яркости точек фона.

Оценки уровней яркости точек фона $\hat{g}(i, j, n)$ формируем путем рекурсивного межкадрового усреднения одноименных точек. Т.е. получаем сглаженное («эталонное») изображение фона [2]:

$$\hat{g}(i, j, n) = \beta_1 \cdot \hat{g}(i, j, n-1) + (1 - \beta_1) \cdot l(i, j, n), \quad (1)$$

где $l(i, j, n)$ - уровень яркости точки (i, j) в n -ом кадре наблюдаемой сцены; β_1 - параметр экспоненциального рекурсивного фильтра, выбираемый в диапазоне $0 \div 1$.

Для выяснения характера возможных изменений уровней яркости точек фона во времени, вычисляем оценки величины изменения уровней яркости точек фона $\hat{\Delta}$:

$$\Delta(i, j, n) = (\hat{g}(i, j, n) - l(i, j, n))^2, \quad (2)$$

$$\hat{\Delta}(i, j, n) = \beta \cdot \hat{\Delta}(i, j, n-1) + (1 - \beta) \cdot \Delta(i, j, n), \quad (3)$$

где β - параметр экспоненциального рекурсивного фильтра, выбираемый в диапазоне $0 \div 1$. При $\beta = 1$ в качестве оценки величины изменения уровней яркости точек фона выбирается величина изменения уровней яркости точек фона взятая из первого кадра, при $\beta = 0$ осуществляется покадровая смена оценок величины изменения уровней яркости точек фона, а при $0 < \beta < 1$ оценки величины изменения уровней яркости точек фона формируются путем межкадрового усреднения. При проведении вычислений β выбирался равным 0,9, т.к. при этом удается оптимально сочетать возможность обновления эталона с подавлением помех, имеющих место на обрабатываемом изображении.

Расчет оценок изменения величины уровня яркости наряду с оценками уровня яркости, ведется независимо для каждой точки наблюдаемого изображения. Таким образом, на основе полученных оценок уровня яркости и оценок величины изменения уровня яркости, в каждой точке принимается решение о принадлежности ее к фону или, предположительно, объекту. Т.е. можно записать

$$l(i, j, n) = \begin{cases} g(i, j, n), & \text{если } |\hat{g}(i, j, n-1) - l(i, j, n)| \leq k \cdot \sqrt{\hat{\Delta}(i, j, n-1)}, \\ h(i, j, n), & \text{иначе} \end{cases}, \quad (4)$$

где $h(i, j, n)$ - уровень яркости точки, принадлежащей изображению объекта; k - некоторый пороговый коэффициент. Так как $\hat{\Delta}$, по существу, представляет собой оценку дисперсии величины изменения уровня яркости, то значение k целесообразно принимать на уровне 3.

Таким образом, основные этапы эвристического алгоритма автоматического обнаружения и выделения динамических изменений, возникающих в последовательности кадров, включают в себя следующие операции:

1. Формирование оценок уровней яркости в каждой точке фона путем предварительной межкадровой фильтрации яркостей одноименных точек в последовательности изображений.
2. Аналогичным образом, параллельно с выполнением первого этапа алгоритма, формируются оценки величины изменения уровня яркости в каждой точке фона.
3. Поэлементное сравнение сглаженного («эталонного») изображения фона с текущим изображением с учетом полученных оценок величины изменения уровня яркости в одноименных точках. Гипотеза о принадлежности точки к объекту принимается в соответствии с правилом (4). В остальных точках оценки уровней яркости и оценки величины изменения уровня яркости рекурсивно уточняются. По результатам сравнения формируется бинарное изображение с элементами 0 и 1, в котором значение 1 соответствует гипотезе о принадлежности точки объекту.
4. Выделение и параметризация связанных областей бинарного изображения.
5. Выполнение дополнительной обработки параметров полученного списка сегментов, включающей в себя так же и накопление информации о поведении сегмента во времени. Это позволяет удалить сегменты бинарного изображения, не удовлетворяющие заданным условиям (например, таким как: ограничения на площадь сегмента, отношение линейных размеров, коэффициент формы, коэффициент заполнения, повторяемость параметров сегмента в последовательности кадров, смещение центра масс сегмента за кадр и т.п.).
6. Принятие решения об обнаружении объекта в текущем кадре.

При программной реализации данного алгоритма, по сравнению с подходом, описанным в [2], использующим непосредственное вычисление апостериорных вероятностей принадлежности точки к объекту или к фону, снижается число выполняемых на каждую точку обрабатываемого изображения элементарных операций (исключается множественное выполнение операций умножения, необходимых для вычисления вероятностей), что существенно (в несколько раз) сокращает время, затрачиваемое на вычисления, практически не сказываясь на точности обнаружения.

Работоспособность алгоритма проверялась на множестве реальных и специально сгенерированных последовательностях изображений. Размер обрабатываемых искусственных изображений 200x200 пикселей, реальных - 768x576.

На однородный фон с яркостью 128 уровней квантования накладывалось изображение квадрата. Полученное изображение зашумлялось нормальным шумом с нулевым математическим ожиданием и заданной дисперсией. В процессе наложения объекта, положение его центра масс смещалось от кадра к кадру на 1 элемент дискретного растра по каждой из координатных осей. Объект присутствовал на изображении начиная с первого кадра генерируемого сюжета.

Первые 25 кадров генерируемой последовательности использовались для получения стартовых значений оценок уровней яркости и оценок величины изменения уровней яркости точек изображения. Затем включался разработанный алгоритм обнаружения и выделения возникающих в последовательности кадров изменений.

При проведении статистических исследований, использовались следующие критерии, позволяющие оценить эффективность выделения:

- Коэффициент количества. Характеризует частоту, с которой происходило обнаружение объекта. Рассчитывается как отношение числа кадров, в которых были выделены сегменты, подходящие по площади под обнаруживаемый объект, внутри области, совпадающей по конфигурации с описанным вокруг объекта прямоугольником, к числу всех кадров, в которых объект был виден на изображении. Под понятием «видимости» объекта подразумевается, что он не был полностью скрыт (заслонен) какими-либо фоновыми образованиями. Предполагалось, что для принятия решения о выделении объекта, в большинстве практических случаев, необходимо существование сегмента, площадь которого составляет не менее $\frac{1}{4}$ от видимой площади объекта.

- Коэффициент качества. Рассчитывается как отношение площади самого большого сегмента, выделенного внутри описанного вокруг объекта прямоугольника, к видимой площади объекта.

Вычисления проводились при значении порогового коэффициента равном 3.

Коэффициент качества выделения 0.77 для объектов площадью 8-10 пикселей достигается уже при отношении сигнал шум 2.5 при коэффициенте количества не менее 0.95. А при отношениях сигнал/шум от 3.2 достигается коэффициент качества выделения 0.98 при коэффициенте количества не менее чем 0.97.

Для малоразмерных объектов с площадью порядка 4-6 пикселей задача обнаружения и выделения устойчиво решается при отношениях сигнал/шум от 3.2 и выше с коэффициентом качества выделения не ниже 0.96 и коэффициентом количества не менее 0.9. Графическое представление результатов приведено на рисунках 1 и 2.

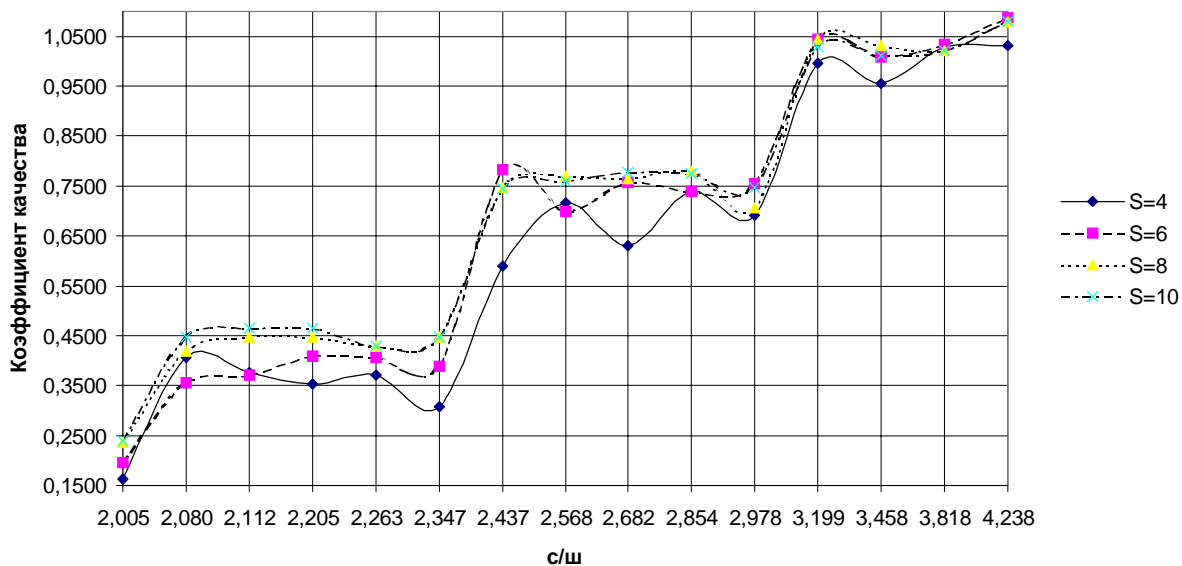


Рисунок 1 Зависимость коэффициента качества от площади объекта при различных отношениях сигнал/шум.

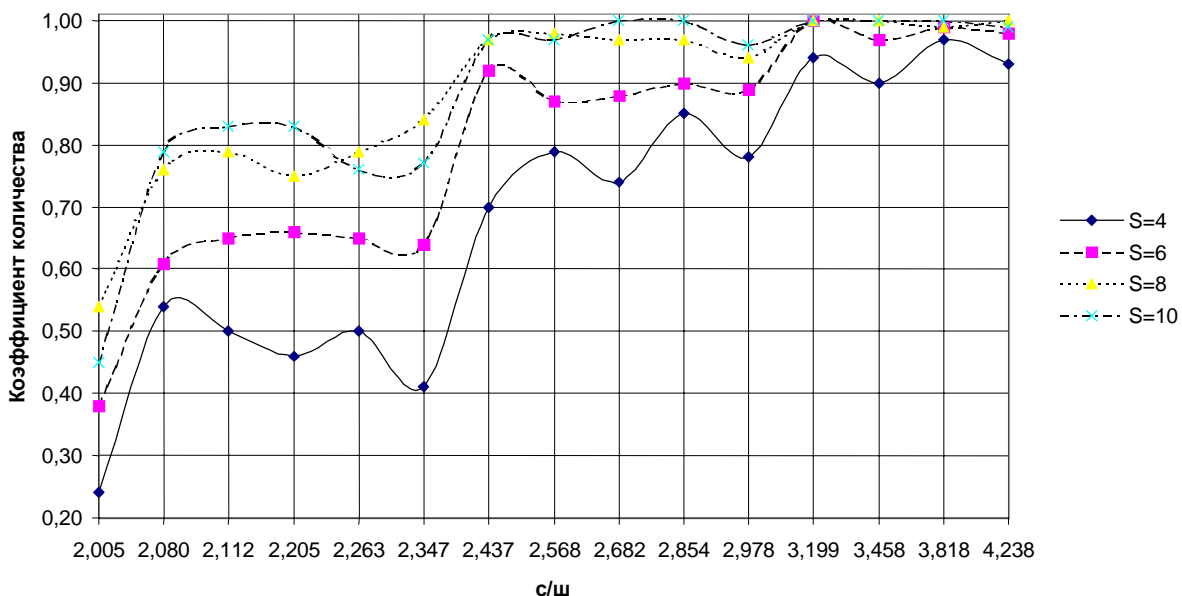


Рисунок 2 Зависимость коэффициента количества от площади объекта при различных отношениях сигнал/шум.

1. Алпатов Б.А. Алгоритм обнаружения и выделения движущегося фрагмента изображения // Техника средств связи. Сер.: Техника телевидения. 1991. №2. С. 72-76.
2. Алпатов Б.А., Бохан К.А. Алгоритм обнаружения и выделения изображения движущегося объекта // Цифровая обработка сигналов и ее применение. Тез. докл. 2-й международной научной конференции. М.: МЦНТИ, 1999. С. 233-239.



ALGORITHM OF AUTOMATIC DETECTION, SELECTION AND ESTIMATION OF DYNAMIC OBJECTS, ORIGINATING IN A SEQUENCE OF TELEVISION FRAMES

Alpatov B.A., Bokhan K.A.

Ryazan State Radio Academy
390005, Ryazan, Gagarin st., 59/1

Ph. (+ 7-0912) 72-07-73, fax (+ 7-0912) 72-22-15, E-mail: aimm rgrta.ryazan.ru

The abstract. The heuristic algorithm for an automatic detection and selection of dynamic objects image within a sequence of television frames is offered. Milestones of algorithm are: both an estimation and analysis of the background and noise component scene modifications, threshold handling, estimation of parameters of the chosen segments of the binary image.

There is a set practically of important situations, in which there is a task of automatic detection, localization and classification of dynamic modifications having a place in a treated sequence of frames. Thus the solution is necessary for accepting in real time, i.e. in rate of inflow of display frames. As objects the people, motor vehicle, flashes, dazzles of optics, detail on the pipeline etc. can appear.

In the given operation the task of detection and selection of a moved fragment is decided on the basis of the analysis of modifications background and noise component of the observable scene in a sequence of frames [1, 2]. It is supposed, that the system represents the fixed video camera, hooked up to the computer, and, therefore, the shift of the image as a whole is absent.

We consider, that the discrete image of object represents a connected point set with unknown brightnesses. Connectivity hereinafter we shall understand a disposition of points of object in adjacent meshes of a discrete raster.

At observation behind object moved on a complicated hum noise, most typical the situation is, when the background image is arranged in space further, than object. In this case on the observable image the object of tracing, being displaced, closes by itself a site of a hum noise arranged behind it.

The basis of algorithm of automatic detection and selection of dynamic modifications originating in a sequence of frames, is idea of an estimation and subsequent analysis of dynamic modifications originating in each point of the image in time.

Watching for modifications having a place on the image in time, we have a possibility to estimate both background and hum noise distorting it. Thus, there is a real possibility to separate a useful signal created in dynamic object, from a noise and rather stable background level. Therefore, in designed algorithm the parallel evaluation of estimations of levels of brightness of points of a hum noise and estimations of magnitude of a modification of levels of brightness of points of a hum noise is applied.

Thus, milestones of heuristic algorithm of automatic detection and the selections of dynamic modifications originating in a sequence of frames, include following operations:

1. Shaping estimations of levels of brightness in each point of a hum noise by preliminary interframe filtering of brightnesses of the same name points in a sequence of the images.
2. Similarly, in bridge with realization of the first stage of algorithm, the estimations of magnitude of a modification of a level of brightness in each point of a hum noise are shaped.
3. Item matching smoothed image of a hum noise with the flowing image in view of the obtained estimations of magnitude of a modification of a level of brightness in of the same name points. In those points, where the modifications of a level of brightness have exceeded an estimation of magnitude of a modification of a level of brightness, the hypothesis about their membership to object starts. In remaining points of an estimation of levels of brightness and the estimations of magnitude of a modification of a level of brightness recursively are updated. By results of matching the binary image with units 0 and 1 is shaped, in which the value 1 corresponds to a hypothesis about a membership of a point to object.
4. Selection and parametrization of connected areas of the binary image.
5. Realization of additional handling of parameters of the obtained list of segments including as also accumulation of the information about behaviour of a segment in time. It allows to delete segments of the binary image which is not satisfying to preset conditions (for example, such as: limitations on square of a segment, ration of linear sizes, crest factor, space factor, recurrence of parameters of a segment in a sequence of frames, offset of a center of mass of a segment for a frame etc.).

6. Decisionmaking about detection of object in a flowing frame.

At program implementation of the given algorithm, as contrasted to approach circumscribed in [2], operating a direct evaluation of posterior probabilities of a membership of a point to object or to a hum noise, reduces number fulfilled on each point of the treated image of elementary operations (the multiple realization of operations of multiplying necessary for an evaluation of probabilities) is eliminated that is essential (in some times) reduces time expended on evaluations, practically not having an effect on an exactitude of detection.

References.

1. Alpatov B.A. Algorithm of detection and selection of a moved fragment of the image // Engineering of communication facilities. Ser.: Engineering of a television. 1991. № 2. P. 72-76.
2. Alpatov B.A., Bokhan K.A. Algorithm of detection and selection of the moving object image // Digital signal processing and its(her) application. The 2-nd international scientific conference. Moscow, 1999. P. 233-239.