

УДК 004.932

В.В. Берников, А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров
**АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ
ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ**

*Воронежский институт высоких технологий
Воронежский государственный технический университет*

Задача, связанная с обнаружением объектов на видеоизображениях, имеет множество практических приложений, касающихся вопросов безопасности, обработки информации в виртуальной реальности, управления мобильными роботами и др. В работе рассмотрены наиболее часто используемые методы выделения движущихся объектов применительно к видеопоследовательностям, полученным с бытовых камер в условиях присутствия шумов на изображениях. Показаны основные особенности обнаружения объектов. Описаны характеристики основных методов, используемых для анализа: метод вычитания фона, метод временного различия, метод оптического потока. Выделены основные проблемы обработки видеопоследовательностей, описана невозможность применения классических методов и предложены пути улучшения качества выделения движущихся объектов. Приведена таблица сравнительного анализа методов, в которой даны: время, затрачиваемое на вычисление, точность обнаружения, достоинства и недостатки подходов. Также приведена таблица сравнения успешности методов при обнаружении объектов, в которой указан процент успешного определения объекта при заданном разрешении видео и определенном окружении объекта. Было продемонстрировано, что разрешение видео заметным образом оказывает влияние на успешность обнаружения движущихся объектов, так как чем больше разрешение, тем больше предварительной информации для обработки алгоритм имеет в каждом кадре.

Ключевые слова: видеоизображение, оптический поток, моделирование обнаружения объекта, обработка кадра, видеоряд.

Введение. В последнее время организация видеонаблюдения применяется в широком спектре задач, например, мониторинг общественной безопасности в местах большого скопления людей, таких как, площади, банки, торговые центры, при выявлении каких-либо событий, основанных на движении, подсчет определенных объектов в кадре, дополненная реальность, автономная навигация роботов и многие другие. Постоянно растет доступность технических средств, а также растет производительность аппаратных средств, отвечающих за обработку видеосигнала, всё это порождает большой интерес к развитию видеонаблюдения и программных средств для него.

Цифровые технологии дают ряд преимуществ перед устаревшими методами аналоговой записи на пленку. Например, в среднем качестве средний жесткий диск может хранить объем информации, соответствующий видеозаписи в течение месяца, а также обеспечивается быстрый доступ к любой части записи, что можно сделать из любой точки мира, если записывающий компьютер подключен к сети. Обнаружение и

отслеживание движущихся объектов являются одними из фундаментальных задач, имеющих практические приложения. Отделение от фона требуемого объекта из видеоряда и дальнейшее его отслеживание также является довольно непростой проблемой [1].

Видео является некоторой последовательностью изображений, называемых кадрами, каждый из которых отображается на достаточно высокой частоте, чтобы человеческий глаз видел эту последовательность непрерывной. Таким образом, содержимое последовательно идущих двух кадров тесно связано. При этом смежные кадры могут использоваться для отслеживания положения и состояния объекта. Помимо этого, очевидно, что все методы обработки изображений могут применяться и к отдельно взятым кадрам. В видеоанализе существует три основных шага:

1. обнаружение требуемых объектов;
2. отслеживание изменения положения и состояния этих объектов между кадрами;
3. анализ поведения этих объектов.

Следует заметить, что обнаружение объектов и их отслеживание – два довольно тесно связанных процесса, поскольку отслеживание часто начинается с обнаружения требуемых объектов, а обнаружение объекта повторно в следующей последовательности кадров необходимо для проверки верности отслеживания [2-4].

Особенности обнаружения объектов. В приложениях для видеонаблюдения одним из основных шагов является функция обнаружения объектов. Обнаружение объектов – идентификация объектов, представляющих для нас интерес, в видеоряде. Для этого могут использоваться такие процессы, как предварительная обработка, сегментация, выделение переднего и/или заднего плана. Типичный процесс обработки кадров представлен на рисунке 1.

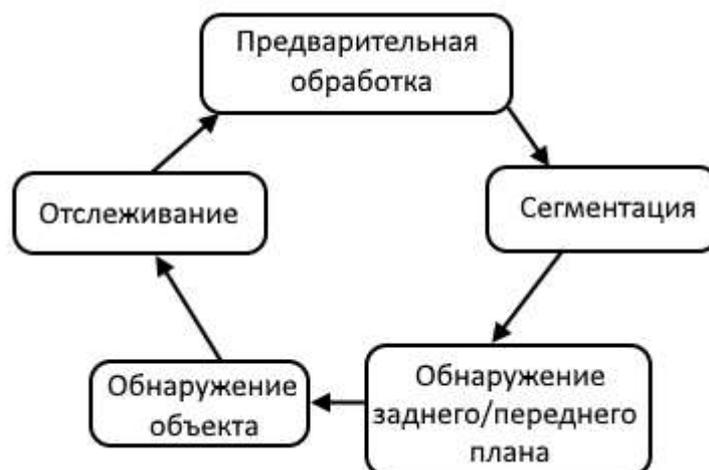


Рисунок 1 - Пошаговый процесс обнаружения объекта

Процесс обнаружения объекта:

- Предварительная обработка кадра может происходить как на всем пространстве кадра, так и на отдельной его области. Приложение может выделять объекты, как в автоматическом режиме, так и те, что заданы пользователем.
- Сегментация — это процесс обработки кадра, которое включает в себя следующие операции: обнаружение границ объектов, обозначение связанных объектов, а также пороговые значения для вышеописанных функций.
- Вследствие того, что у всех объектов в кадре границы будут различаться, можно выделить требуемые объекты.
- Далее, с помощью обнаружения границ объектов формируются передний и задний планы кадра, обычно передним планом считают объекты, которые требуется отследить, и которые были обнаружены в предыдущем шаге, а все остальные объекты — задним.
- Следующей главной функцией является отслеживание нужных объектов, зачастую этими объектами становятся различные транспортные средства, люди, животные и многое другое. Функция отслеживания включает в себя так же сбор данных, требуемых пользователю, это могут быть как изменения формы объекта, расстояние объекта от заданной точки, изменение расположения объекта относительно видеоаппаратуры и некоторые другие параметры. Данная информация, о поведении объекта, может помочь в дальнейшем в процессе его отслеживания.

Метод вычитания фона. Данный метод довольно широко используется при сегментации кадров. С его помощью можно обнаружить области кадра, в которых произошло какое-либо перемещение, так как он основан на попиксельном вычитании текущего кадра и ключевого кадра, который может быть задан пользователем, либо быть самым первым кадром видеоряда, либо же являться некоторым усреднением всех предшествующих кадров видеоряда. Идея этого метода заключается в обнаружении заднего плана и обнаружении движущихся объектов. Кроме того, задний план должен постоянно обновляться, чтобы исключить влияние изменения освещенности, ветра, мелких и незначительных деталей, таких как насекомые, листва и прочие. Тем не менее, этот метод довольно чувствителен к изменению внешней среды. Так же метод вычитания фона разделяется на несколько алгоритмов:

- Метод разности кадров.
- Метод приближительной медианы.
- Гауссовское усредненное.
- Гауссовская смесь.

Метод разности кадров является простейшей формой вычитания фона. В данном методе текущий кадр вычитается из фонового. И, если, разница в значениях каждого из пикселей больше, чем некоторое пороговое значение, то данный пиксель становится пикселем переднего плана, иначе – заднего [5].

В методе усредненного фона некоторое количество кадров видеоряда, заданное пользователем, либо выбранное автоматически, сохраняется в памяти и, в дальнейшем, из текущего кадра вычитается как сохраненные кадры, так и задний план, таким образом можно получить пиксели переднего плана. Таким образом, этот метод проверяет, имеет ли пиксель значения большее, чем значение пикселя на той же позиции у заднего плана. Если же больше, то пиксель значение пикселя заднего плана увеличивается, иначе уменьшается.

Метод гауссовское усредненное основан на задании гауссовской функции плотности вероятности, которая просчитывается для каждого нового кадра, к последним значениям определенного пикселя.

Гауссовская смесь – метод, который позволяет обрабатывать мультимодальные распределения. В данном методе все объекты могут быть отфильтрованы и расположение каждого пикселя представлено смесью гауссовых функций, которые вместе объединяются в функцию распределения вероятности [6-8].

Метод, основанный на временном различии. Данный метод использует несколько смежных кадров видеоряда, для вычитания и получения различий в кадрах. Таким образом, после вычитания и применения пороговых значений можно получить информацию о движущихся объектах. Однако данный метод дает не лучшие результаты в динамичном видеоряде. Так же данный метод нельзя применить к статичным объектам и неприменим в обработке видеоряда, поступающего в реальном времени.

Метод оптического потока. Этот метод использует вектор параметров движущегося объекта, который изменяется со временем, для определения области движения объекта в видеоряде. Оптический поток является некоторым плотным полем, содержащим вектора, каждый из которых, определяет сдвиг каждого пикселя в регионе. Результат улучшается, если видеоаппаратура перемещается каким-либо образом, но этот алгоритм достаточно объемен по вычислениям. Так как большинство методов оптического потока довольно сложны и чувствительны к шуму, то

они малоприменимы к видеоряду, поступающему в реальном времени, если не имеется специализированного оборудования.

Сравнительный анализ методов. Для каждого из методов был разработано приложение и протестировано на двух тестовых компьютерах, приведенных в Таблице 1 и Таблице 2. Тестирование проводилось в одном потоке с использованием следующих разрешений видео: SD(640x480), HD(1280x720), Full HD(1920x1080). Так же мы задавали следующее условие: время, затраченное на расчеты на один кадр, должно быть менее 100 мс.

Таблица 1 -Тестовая конфигурация первого компьютера

| | |
|----------------------|---|
| Процессор | 1 двухъядерный процессор Intel Celeron B815 (1.6GHz) |
| Память | 2 Gb |
| Операционная система | Microsoft Windows 7 |
| Среда разработки | Microsoft Visual Studio 2012: Version 11.0.50727.1 Microsoft ® C/C++ Compiler Driver Version 17.0.50727.1 |

Таблица 2 - Тестовая конфигурация второго компьютера

| | |
|----------------------|---|
| Процессор | 1 двухъядерный процессор Intel Core i3-6100 (3.7GHz) |
| Память | 8 Gb |
| Операционная система | Microsoft Windows 10 |
| Среда разработки | Microsoft Visual Studio 2012: Version 11.0.50727.1 Microsoft ® C/C++ Compiler Driver Version 17.0.50727.1 |

Таким образом, в Таблице 3 приведен сравнительный анализ вышеприведенных методов обнаружения движущихся объектов, с описанием преимуществ и недостатков. Тесты по временным затратам были взяты следующим образом: нижняя граница (наименьшее время выполнения) было взято по результатам тестирования на второй конфигурации (Таблица 2), верхняя граница (наибольшее время выполнения) – по результатам первой конфигурации (Таблица 2) [9].

Таблица 3 - Сравнительный анализ методов

| Метод обнаружения объекта | | Основной принцип | Время, затрачиваемое на вычисление | Точность обнаружения | Достоинства и недостатки | |
|---------------------------|--|---|--|---|--|--|
| Временное различие | | Попиксельное вычитание текущего кадра и заднего плана | Малое | Высокая | + прост в использовании | |
| | | | | | - чувствителен к динамическим изменениям | |
| Вычитание фона | | Метод разности кадров | Текущий кадр вычитается из заднего плана | От малого до небольшого | Хорошая | + самый простой метод вычитания фона |
| | | | | | | - не может быть использован в приложениях с видеорядом, поступающим в реальном времени |
| | | Метод приближенной медианы | Вычитание текущего кадра из усредненного | От малого до небольшого | Хорошая | + низкая зависимость от заднего плана |
| | | | | | | - требуется хранение кадров |
| Гауссовское усредненное | Основывается на гауссовой функции плотности вероятности пикселей | От небольшого до большого | Хорошая | + хорошо подходит для приложений с видеорядом, поступающим в реальном времени | | |
| | | | | - вычисления могут занять довольно много времени | | |
| Гауссовская смесь | Основывается на мультимодальном распределении | От небольшого до большого | Хорошая | + низкое потребление памяти | | |
| | | | | - плохо работает с видеорядом с шумами | | |

| | | | | |
|------------------|--|---------------------------|---------|---|
| Оптический поток | Использует распределение характеристик пикселей объекта оптического потока | От небольшого до большого | Высокая | + может предоставить полную информацию по движениям объекта - требует большого количества вычислений |
|------------------|--|---------------------------|---------|---|

Примечания: “+” обозначает достоинства метода, “-” обозначает недостатки метода, “малое” обозначает время до 25мс, “небольшого” обозначает время от 25 до 45мс, “большого” обозначает время от 45 мс и больше, “высокая” обозначает такую точность, что большинство объектов, от 85% и выше, было обнаружено, “хорошая” обозначает такую точность, некоторая часть объектов не была опознана, менее 85%.

В различных работах [4, 10], затрагивающих анализ выделения объектов в видеоряде, зачастую присутствуют характеристики вышеприведенных методов, однако, не было встречено сравнения успешности выполнения поставленной перед ними задачи при различных внешних данных. Поэтому было решено так же провести сравнение методов в равных условиях при различных данных внешней среды. В таблице 4 приведено сравнение вышеописанных методов при обнаружении объектов на видео. Так как в реальных условиях видеоряд всегда был бы различен, поэтому заранее было записано 3 видео в формате Full HD(1920x1080), затем они переконвертированы в форматы HD(1280x720) и SD(640x480) с минимальными потерями. Данные видео были сняты утром, днем и вечером, в одном и том же месте, для тестирования поведения алгоритмов при различных условиях окружающей среды. От алгоритмов требовалось определить только объекты, которые изменяли свои характеристики: расположение, форму, размеры. Это было сделано для того, чтобы можно было сравнить все алгоритмы в одинаковых условиях. Кроме того, каждый метод тестировался в автоматическом режиме по нескольку раз, для исключения возможности возникновения случайных ошибок. В конечном итоге были взяты лучшие результаты за 5 тестов для каждого разрешения видео и окружающей среды. Процент успешного выделения требуемых объектов высчитывалось с помощью отношения заранее подсчитанных вручную движущихся объектов к количеству объектов, которые были определены вышеописанными методами.

Таблица 4 - Сравнение успешности методов при обнаружении объектов

| Метод обнаружения объекта | | Процент успешного определения объекта при заданном разрешении видео и определенном окружении | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|--|------|-------|--------------|------|-------|--------------------|------|-------|
| | | SD(640x480) | | | HD(1280x720) | | | Full HD(1920x1080) | | |
| | | Утро | День | Вечер | Утро | День | Вечер | Утро | День | Вечер |
| Временное различие | | 78% | 78% | 77% | 79% | 83% | 77% | 84% | 83% | 80% |
| Вычитание фона | Метод разности кадров | 72% | 70% | 65% | 73% | 75% | 68% | 76% | 76% | 73% |
| | Метод приближительной медианы | 78% | 77% | 75% | 80% | 80% | 76% | 82% | 83% | 76% |
| | Гауссовское усредненное | 75% | 76% | 75% | 78% | 80% | 77% | 80% | 82% | 78% |
| | Гауссовская смесь | 78% | 79% | 78% | 82% | 85% | 83% | 83% | 87% | 82% |
| Оптический поток | | 98% | 100% | 98% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Выводы. Таким образом, в работе были рассмотрены основные методы обнаружения движущихся объектов в видеоряде, кратко описаны принципы их работы, выделены их плюсы и минусы, проведено тестирование и подсчет успешности определения движущихся объектов, то есть точность. Так же были описаны шаги обнаружения объектов в видеопотоке. Из таблицы 4 видно, что разрешение видео напрямую влияет на успешность обнаружения движущихся объектов, так как чем больше разрешение, тем больше информации программа имеет в каждом кадре. Однако, использование нескольких методов в одном алгоритме в разрешении Full HD(1920x1080) иногда приводило к тому, что обработка кадра могла занимать более 100 мс, в виду чего тесты для таких алгоритмов не проводились. Наибольшей проблемой для всех методов явился шарообразный объект, который поворачивался с очень низкой скоростью. Данная проблема так же присутствовала и в оптическом потоке, но только при низком качестве видеоряда SD(640x480) и при избыточном освещении утром и недостаточном освещении вечером, в виду того, что поворот этого объекта можно было отследить только по надписям на нем. Во всех остальных аспектах этот метод показал отличные результаты, обнаружив все объекты в видеоряде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Manisha Chate Object Detection and tracking in Video Sequences / Manisha Chate, S.Amudha, Gohokar Vinaya // ACEEE Int. J. on Signal & Image Processing, Vol. 03, No. 01, Jan 2012.
2. Anaswara S Mohan Video Image Processing for Moving Object Detection and Segmentation using Background Subtraction / Anaswara S Mohan, R.Resmi // IEEE International Conference on Computational Systems and Communications (ICCS), Vol. 01, no. 01, pp.288-292, 17-18 Dec 2014.
3. Weiming Hu. A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors / Weiming Hu, Tieniu Tan, Liang Wang, and Steve Maybank // IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics applications and reviews, vol. 34, no. 3, pp. 334- 352, August 2004
4. Лычков И. И. Отслеживание движущихся объектов для мониторинга транспортного потока / И. И. Лычков, А. Н. Алфимцев, В. В. Девятков // (<http://itas2011.iitp.ru/pdf/1569457725.pdf>)
5. Singla M. Motion Detection Based on Frame Difference Method International / M.Singla // Journal of Information & Computation Technology. 2014. Vol. 4. No. 15. P. 1559–1565.
6. Zivkovic Z. Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction / Z.Zivkovic // IEEE Int. Conf. Pattern Recognition. 2004. Vol. 2. P. 28–31
7. Bouwmans T. Background Modeling using Mixture of Gaussians for Foreground Detection – A Survey / T. Bouwmans, El Baf F., B.Vachon // Recent Patents on Computer Science. 2008. Vol. 1. P. 219– 237.
8. Asim R. Aldhaheri Detection and Classification of a Moving Object in a Video Stream / Asim R. Aldhaheri and Eran A. Edirisinghe // Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Computing and Information Technology- ACIT, 2014.
9. Гордин М. С. Алгоритмы обнаружения тревожных событий для систем автоматизированного видеонаблюдения / М. С. Гордин, С. А. Иванов. // Вестник НГУ: сб. статей. – Новосибирск, 2017. – Вып. 3.
10. Козлов В.А. Анализ методов выделения движущихся объектов на видеопоследовательности с шумами / В.А. Козлов, А.С. Потапов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики: сб. статей. – Санкт-Петербург, 2011. – Вып. 73.

V. V. Bernikov, A. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov
**ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR DETECTING MOVING
OBJECTS IN THE VIDEO IMAGE**

*Voronezh Institute of high technologies
Voronezh state technical University*

The problem related to the detection of objects on video images, has many practical applications related to security issues, information processing in virtual reality, management of mobile robots, etc. The paper considers the most frequently used methods of allocation moving objects in relation to video sequences obtained from household cameras in the presence of noise in images. The main features of object detection are shown. The characteristics of the main methods used for the analysis are described: the method of background subtraction, the method of time difference, the method of optical flow. The main problems of processing video sequences are identified, the impossibility of using classical methods is described, and ways to improve the quality of moving objects are proposed. The table of comparative analysis of methods is given: time spent on calculation, accuracy of detection, advantages and disadvantages. There is also a table comparing the success of methods when detecting objects, which specifies the percentage of successful object definition at a given video resolution and a certain environment. It has been demonstrated that video resolution has a noticeable effect on the success of the detection of moving objects, as the higher the resolution, the more preliminary information for processing the algorithm has in each frame.

Keywords: video modeling, optical flow, object detection, processing of the frame, video sequence.

REFERENCES

1. Manisha Chate Object Detection and tracking in Video Sequences / Manisha Chate, S.Amudha, Gohokar Vinaya // ACEEE Int. J. on Signal & Image Processing, Vol. 03, No. 01, Jan 2012.
2. Anaswara S Mohan Video Image Processing for Moving Object Detection and Segmentation using Background Subtraction / Anaswara S Mohan, R.Resmi // IEEE International Conference on Computational Systems and Communications (ICCSC), Vol. 01, no. 01, pp.288-292, 17-18 Dec 2014.
3. Weiming Hu. A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors / Weiming Hu, Tieniu Tan, Liang Wang, and Steve Maybank // IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics applications and reviews, vol. 34, no. 3, pp. 334- 352, August 2004
4. Lychkov I. I. Otslezhivanie dvizhushchikhsya ob"ektov dlya monitoringa transportnogo potoka / I. I. Lychkov, A. N. Alfimtsev, V. V. Devyatkov // (<http://itas2011.iitp.ru/pdf/1569457725.pdf>)
5. Singla M. Motion Detection Based on Frame Difference Method International / M.Singla // Journal of Information & Computation Technology. 2014. Vol. 4. No. 15. P. 1559–1565.

6. Zivkovic Z. Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction / Z.Zivkovic // IEEE Int. Conf. Pattern Recognition. 2004. Vol. 2. P. 28–31
7. Bouwmans T. Background Modeling using Mixture of Gaussians for Foreground Detection – A Survey / T. Bouwmans, El Baf F., B.Vachon // Recent Patents on Computer Science. 2008. Vol. 1. P. 219– 237.
8. Asim R. Aldhaferi Detection and Classification of a Moving Object in a Video Stream / Asim R. Aldhaferi and Eran A. Edirisinghe // Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Computing and Information Technology- ACIT, 2014.
9. Gordin M. S. Algoritmy obnaruzheniya trevozhnykh sobytii dlya sistem avtomatizirovannogo videonablyudeniya / M. S. Gordin, S. A. Ivanov.// Vestnik NGU: sb. statey. – Novosibirsk, 2017. – Vyp. 3.
10. Kozlov V.A. Analiz metodov vydeleniya dvizhushchikhsya ob"ektov na videoposledovatel'nosti s shumami / V.A. Kozlov, A.S. Potapov // Nauchno-tehnicheskii vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki: sb. statey. – Sankt-Peterburg, 2011. – Vyp. 73.