

УДК 681.327

*В.А. Самохвал*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
sam@lsi.bas-net.by

Алгоритм оценки параметров движения потока точечных объектов при больших межкадровых смещениях

В развитие так называемого подхода с ограничениями предложен алгоритм оценки параметров движения однотипных (точечных) объектов с использованием ограничений на основе априорной информации. Алгоритм ориентирован на определение основных характеристик движения объектов в видеопоследовательности – векторов скорости, когда классические методы не срабатывают в принципе. В частности, маркеры не могут быть расставлены, особые (ключевые) точки присутствуют в избытке по всем направлениям вследствие наличия множества однотипных объектов (поток!) в кадре, а межкадровые смещения объектов превосходят их размеры, так что отследить перемещения на основе корреляций невозможно.

Обнаружение и отслеживание движущихся объектов является одной из главных целей создания систем машинного зрения. Предложены и апробированы различные методы решения задач такого класса. В их основе – сегментация объектов и выделение границ объектов, а затем поиск фрагментов этих границ на последующих кадрах. Применение фильтров является достаточно распространенным подходом к решению задач детекции и трекинга движения. В частности, метод описания движения и траектории с помощью фильтра Кальмана [1] или метод фиксирования движения с использованием градиентных изображений [2-4]. Данная разновидность основывается на подсчете градиентов компонентного изображения-истории с помощью фильтров Собеля, а история движения [5] – это изображение, где в роли яркости пикселя выступает время захвата кадра, из которого объект был выделен. Фильтры Собеля позволяют определить направление перемещения объекта компонентного изображения и тем самым выявить направление движения.

Разнообразие задач оценки движения связано, прежде всего, с самими движущимися объектами, характером (классом) движения, поведением фона, техническими характеристиками аппаратуры захвата видео.

Задачу обнаружения движения можно выполнить с использованием трех подходов: временного вычитания кадров [6], вычитания фона [7], [8] и нахождения оптического потока [9]. Каждый из этих методов имеет и достоинства, и недостатки.

Метод вычитания кадров очень адаптивен к динамическим изменениям среды, но мало пригоден для выявления релевантной информации об особенностях изображения.

Метод вычитания фона обеспечивает наиболее полное понимание особенностей изображения, однако он чрезвычайно чувствителен к таким изменениям изображения, которые обусловлены колебаниями освещенности и другими подобными событиями.

Метод оптического потока может использоваться, чтобы обнаружить движущиеся объекты при движении камеры, но в вычислительном отношении он сложен и не может быть применен к полным видеопотокам в реальном времени без специализированных ЭВМ.

Постановка задачи и подходы к решению

В самом общем виде решение задачи для некоторого выделенного объекта заключается в обнаружении сходства его фрагментов (маркеров) с таковыми (если имеются) в непосредственной близости от исходных, что, фактически, сводится к отысканию пиков корреляций между парой анализируемых изображений. При этом правильные решения получаются далеко не всегда. Это обусловлено тем, что описанные выше подходы к задаче обнаружения и отслеживания движений ограничивались как классом объектов, так и характером их перемещений. Как правило, объекты интереса здесь – люди, автомобили, их перемещения плавны и размеренны. Поэтому отыскание ключевых точек и их сопровождение теоретически возможны с использованием описанных методов. Однако как только скорости объектов возрастают, плюс к этому единичные в кадре объекты заменяются их множеством – потоки частиц – применение указанных подходов становится принципиально невозможным.

Рассмотрим видеопоследовательность, отображающую динамику потока однотипных объектов. Примеров много, простейший и хорошо моделирующий задачи этого класса – разбрызгивание капель или разбрасывание гранул источником (по всем направлениям). Съемка ведется из некоторых точек поверх сцены. Кадр процесса проиллюстрирован на рис. 1а. Рис. 1б представляет компонентное (4 последовательных кадра) обработанное изображение. Задача заключается в определении скорости объектов, плотности и однородности потока и т.д.

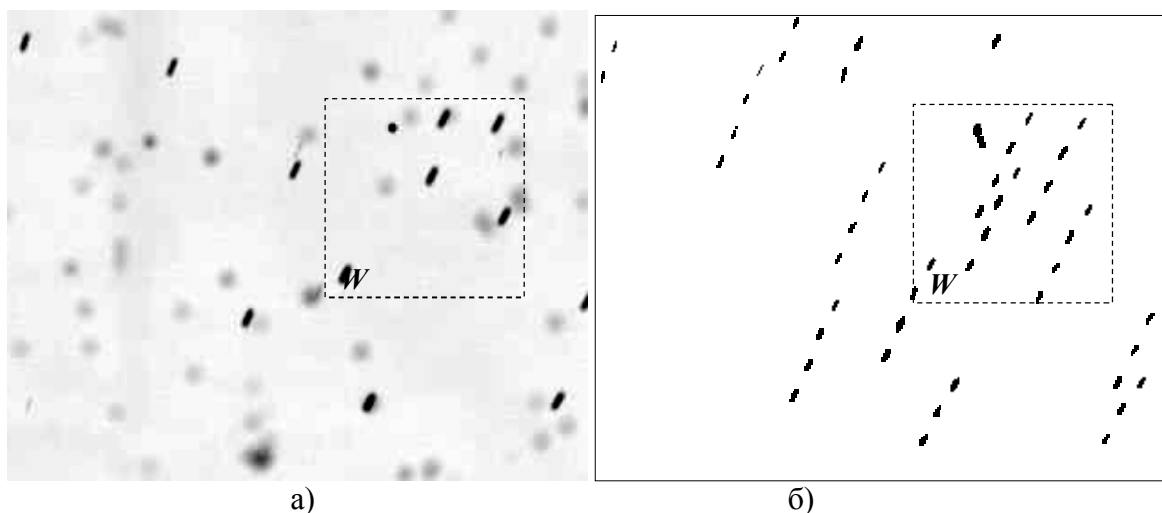


Рисунок 1 – Фрагмент одного из кадров видеопоследовательности (а) и компонентное (4 последовательных кадра) обработанное изображение (б).

W – квадратное окно, выбранное для анализа

Из рис. 2 становится ясно, почему алгоритм на основе корреляций сработает неверно – в качестве направления движения будет выбран вектор c как самый короткий. На самом деле, направление задается вектором a . Очевидно, что решение в общем случае будет зависеть как от скорости движения объектов, так и плотности их потока. В этой ситуации подход с ограничениями на объекты и методы описания их динамики может оказаться наиболее продуктивным.

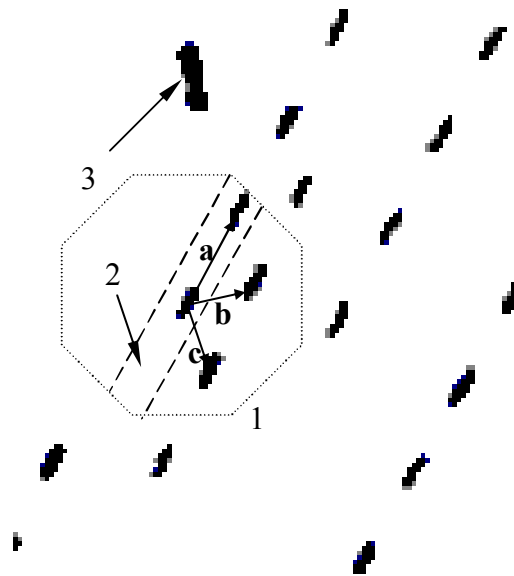
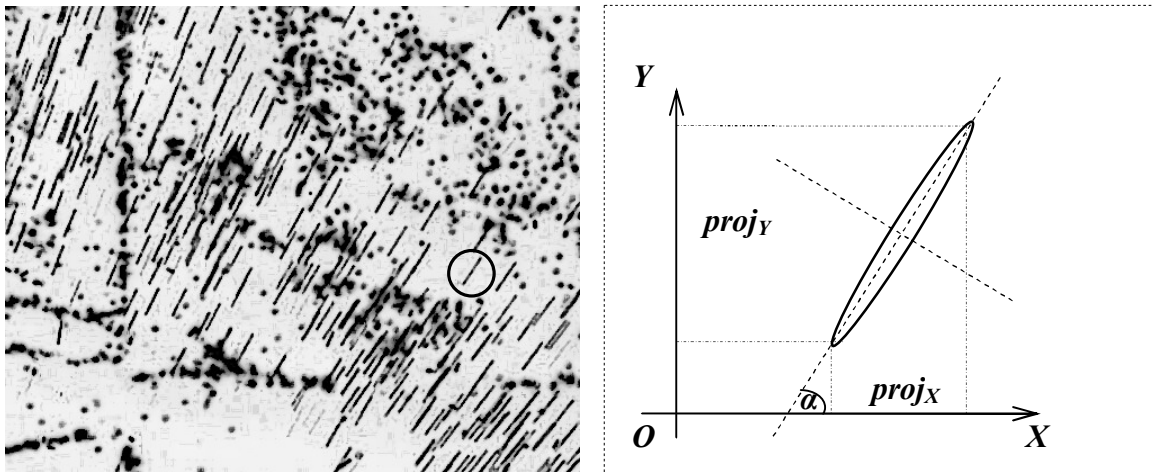


Рисунок 2 – Увеличенный фрагмент рис. 1б (окно W). При стандартном подходе, не учитывающем априорные данные, из трех расстояний $|a|$, $|b|$ и $|c|$ предпочтение будет отдано вектору c . 1 – стандартная зона поиска корреляций; 2 – полоса поиска, используемая алгоритмом; 3 – трек объекта, движущегося с малой скоростью



а)

б)

Рисунок 3 – Плотный расходящийся поток волнообразной интенсивности (а) и выделенный на нем объект для определения главных осей и направления движения (б)

Основы алгоритма определения параметров движения

В качестве ограничений используем априорные данные. Известно, что объекты в природе по форме близки к шару. Анализ снимков (рис. 3) показывает существенно протяженные объекты – смаз является результатом высокой скорости перемещения в кадре. Объект при этом представляется протяженным и определение направления смаза, в таком случае, показывает направление движения.

Вначале определяется направление смаза. Для этого можно использовать главные оси или моменты инерции. Наиболее простым представляется вычисление проекций объекта $proj_x$, $proj_y$ на оси X , Y , тогда угол наклона главной оси α дается арктангенсом отношения проекций (рис. 3):

$$\alpha = \arctg \frac{proj_y}{proj_x}.$$

Теперь, когда направление известно, находятся пики корреляции (с помощью простого AND) в двух направлениях под углами наклона α и $\alpha + \pi$. Отметим здесь, что для вычисления корреляций целесообразно использовать полосу заданной длины в выделенных направлениях и шириной в полторы – две ширины объекта. Из рис. 2 видно, что площадь полосы в $4 \div 6$ раз меньше площади стандартной зоны поиска. Это имеет следствием соответствующее повышение производительности алгоритма. Определение скорости не вызывает затруднений при известных частоте кадров и расстоянии между парой объектов из истории движения.

Вычисление дополнительных характеристик потока

Для конкретных практических задач представляют интерес дополнительные параметры, которые позволяют вычислить некоторые величины для чисто практических целей. Таковыми, прежде всего, являются однородность и плотность укладки объектов на плоскость. Эти величины линейно связаны с однородностью и плотностью потока объектов, вычисленных в произвольной точке по заданному направлению, т.е. на линии вектора скорости. Пространственная однородность представляется гистограммой количества объектов в некоторой стандартной площадке. Временная динамика плотности потока объектов представляется набором средних по пространственным гистограммам в конкретной области, вычисленным по истории движения.

Заключение

Предложенный алгоритм с использованием априорных ограничений показал хорошие результаты при оценке параметров движения потока однотипных объектов. В экспериментах использовалось скоростное видео с частотой кадров 1000 с^{-1} . Тестируемая сцена оказалась достаточно простой на этапе предварительной обработки градиентными фильтрами и бинаризации исходных изображений для выделения объектов (статичный и хорошо отделяемый фон), и в перспективе представляет интерес исследование работы алгоритма с определением настроек его параметров для более сложных динамических сцен с многокомпонентными и разнонаправленными потоками движущихся объектов.

Литература

1. Bradshaw K., Reid I. and D. Murray The Active Recovery of 3D Motion Trajectories and Their Use in Prediction // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1999. – 19(3). – P. 219-234.
2. Watson A.B., Eckert M.P. Motion-Contrast Sensitivity: Visibility of Motion Gradients of Various Spatial Frequencies // Journal of the Optical Society of America. – 1994. – 11(2). – P. 496-505.
3. Arnaldo Camara Lara, Roberto Hirata Jr. A morphological gradient-based method to motion segmentation // Proc. 8th International Symposium on Mathematical Morphology. – Rio de Janeiro (Brazil). – 2007. – MCT/INPE. – Vol. 2. – P. 71-72.

4. Ray N., Acton ST. Motion gradient vector flow: an external force for tracking rolling leukocytes with shape and size constrained active contours // IEEE Trans Med Imaging. – 2004. – 23(12). – P.1466-78.
5. Davis J.W. Hierarchical motion history images for recognizing human motion. Workshop on Detection and Recognition of Events in Video // Proc. IEEE. – 2001.
6. Anderson C., Burt Peter, and G. van der Wal. Change detection and tracking using pyramid transformation techniques // Proc. of SPIE - Intelligent Robots and Computer Vision. – 1985. – Vol. 579. – P. 72-78.
7. Haritaoglu I., Larry S. Davis and D. Harwood. Who? When? Where? What? A real time system for detecting and tracking people. – In FGR98, 1998.
8. Wren C., Azarbayejani A., Darrell T. and Alex Pentland. Real-time tracking of the human body // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1997. – 19(7). – P. 780-785.
9. Barron J., Fleet D., and Beauchemin S. Performance of optical flow techniques // International Journal of Computer Vision. – 1994. – 12(1). – P. 42-77.

В.А. Самохвал

Алгоритм оцінки параметрів руху потоку точкових об'єктів при великих міжкадрових зсувах

Для розвитку так званого підходу з обмеженнями запропоновано алгоритм оцінки параметрів руху однотипних (точкових) об'єктів з використанням обмежень на основі апріорної інформації. Алгоритм орієнтовано на визначення основних характеристик руху об'єктів у відеопослідовності – векторів швидкості, коли класичні методи не спрацьовують у принципі. Зокрема, маркери не можуть бути розставлені, особливі (ключові) точки присутні в надлишку по всіх напрямках унаслідок наявності множини однотипних об'єктів (потік!) в кадрі, а міжкадрові зсуви об'єктів перевершують їх розміри, так що відстежити переміщення на основі кореляцій неможливо.

V.A. Samokhval

Algorithm for Movement Parameters Estimation in a Stream of Point Objects at Large Intershot Displacements

In development of the so-called approach with restrictions the algorithm of an estimation of parameters of movement of the same (point) objects with use of restrictions on the basis of the aprioristic information is offered. The algorithm is focused on definition of the basic characteristics of movement of objects – vectors of speed in video sequence when classical methods do not work basically. In particular, markers cannot be placed, special (key) points are present much in all directions owing to presence of set of the same objects (a stream!) in a shot, and intershot displacement of objects surpass their sizes so to trace motions on the basis of correlations is impossible.

Статья поступила в редакцию 03.09.2008.