

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ, РАЗМЫТОМУ ДВИЖЕНИЕМ

Будилов В. Н., Ермолов А. Г.

Поволжский государственный университет сервиса

Тольятти, Российская Федерация

E-mail: neuropower@yandex.ru, red_druid@mail.ru

Предложен способ определения траектории движения объекта по кадру, размытому движением. Способ реализуется при помощи размещения на объекте контрастной метки в виде двумерного сложного сигнала и согласованной фильтрации снятого изображения. Показана низкая чувствительность результата обработки к аддитивному нормальному шуму в кадре.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время продолжается расширение сферы применения цифровой обработки видеоинформации на все новые области. К их числу относятся, например, системы контроля колебаний различных объектов [1, 2, 3]. В ряде таких случаев существенным мешающим фактором является размытие (смазывание) изображения движением объекта. Поэтому остается актуальным поиск способов максимально полного извлечения информации о движении, в том числе из смазанных кадров.

Получение изображения траектории объекта при движении по кадру за время экспозиции проще всего осуществить, если объект точечный и самосветящийся на темном фоне. Например, таковы будут изображения движения звезд на ночном небе при их съемке неподвижной камерой с длительной выдержкой. В этом случае достаточно просто улучшить контраст, чтобы ясно увидеть траекторию.

Целью настоящей работы была разработка способа получения изображения траектории, пригодного для тех случаев, когда объект протяженный и не самосветящийся, но к нему возможен доступ.

I. СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Предлагаемый способ состоит в том, что:

- до съемки на объекте нужно разместить (накрасить или прикрепить) контрастную метку, которая будет служить двумерным опорным сигналом [4];
- после съемки кадра его следует обработать методом согласованной линейной фильтрации;
- затем для отделения траектории от шумового фона может быть достаточно простой нелинейной обработки типа сравнения с порогом.

Далее изображение может быть дополнительно улучшено, например, методами морфологической обработки, выделяющими линию траектории. На последнем этапе возможна его век-

торизация. Эти возможности нами пока не исследовались.

Нахождение наиболее подходящей метки представляет собой отдельную сложную проблему. Требуемые методы вычислений выходят за рамки данного исследования. Поэтому мы выбрали эмпирически метку, представленную на рис. 1. Ее изображение напоминает зонную пластину Френеля. Такая метка обладает свойствами, важными для обсуждаемой задачи:

- круговая симметрия упрощает ее применение для объектов, осуществляющих не только поступательные движения, но и повороты;
- абсолютная величина боковых экстремумов автокорреляционной функции по отношению к ее центральному максимуму (так называемый уровень боковых лепестков) не превышает 6%.

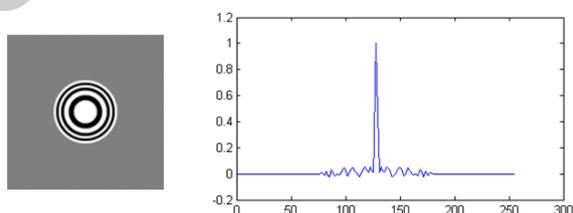


Рис. 1 – Метка (слева) и центральное сечение ее нормированной автокорреляционной функции (справа)

Для подтверждения работоспособности рассмотренного способа мы провели его компьютерное моделирование.

II. МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Вся обработка изображений проводилась в среде MATLAB с тулбоксом Image Processing. Изображение метки подготавливалось с передискретизацией в сетке 512*512 для уменьшения эффектов муара. Затем проводилась имитация датчика изображения с помощью скользящего усреднения по 5*5 отсчетов сетки функцией `imfilter` и субдискретизации в размер 128*128 функцией `imresize`.

Размытие движением вдоль прямолинейного отрезка моделировалось применением `imfilter`

с параметром функции рассеяния точки motion. Моделировались также непрямолинейные ломанные траектории, состоящие из нескольких прямых отрезков. В этом случае смазанное изображение представляло собой сумму нескольких изображений, подготовленных с помощью imfilter.

Для наложения нормального белого шума, имитирующего шум датчика изображения, применялись функции randn и imadd. Согласованная фильтрация выполнялась с помощью функции xcorr2, которая вычисляет двумерную взаимную корреляционную функцию. Пороговая обработка проводилась путем преобразования изображения в двухградационное функцией im2bw с порогом, равным половине диапазона яркостей.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мы проверили способ на нескольких различных траекториях, включая прямые отрезки, движение по сторонам треугольника, квадрата и по произвольной ломаной линии. Некоторые примеры приведены ниже.

На рис. 2 показаны результаты для случая отсутствия аддитивного шума. На двухградационных выходных изображениях четко видна траектория движения. При траектории в виде ломаной (снизу) можно заметить точечный артефакт, который появился, возможно, вследствие неоптимальности метки.

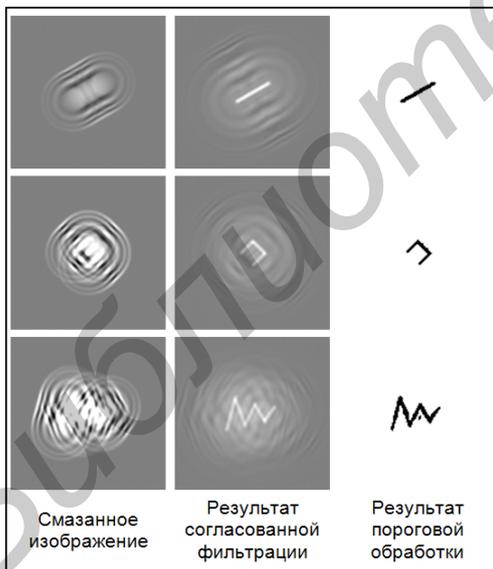


Рис. 2 – Смазанные изображения при различных траекториях движения и результаты их обработки

На рис. 3 иллюстрируется воздействие аддитивного шума. Указанный уровень представляет собой среднее квадратичное отклонение нормального белого шума относительно полного диапазона яркостей. Выходные изображения показывают, что обсуждаемый способ мало чувствителен к воздействию такого вида помех. Да-

же когда исходное смазанное изображение тонет в шуме, на выходе траектория уверенно прослеживается, хотя и несколько увеличивается количество точечных артефактов.

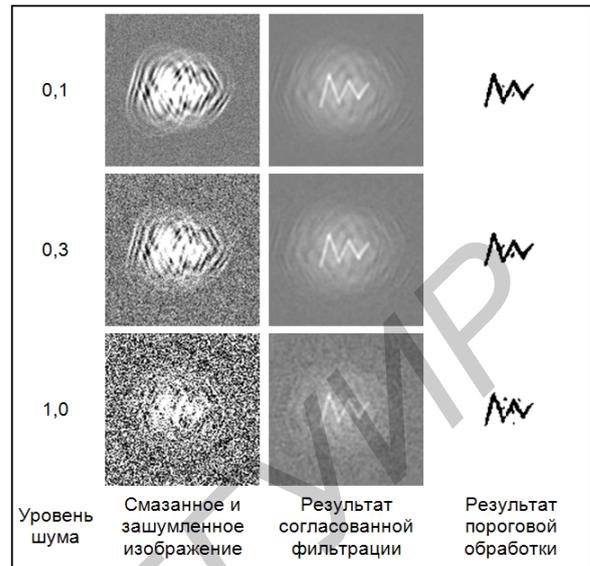


Рис. 3 – Сравнение влияния аддитивного шума различного уровня

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, подтверждено, что с помощью согласованной фильтрации можно определить траекторию движения объекта по кадру, размытому движением, если на объекте размещена метка в виде двумерного сложного сигнала.

Показано, что предложенный способ обладает низкой чувствительностью к аддитивному нормальному шуму. В перспективе предполагается продолжение исследования дополнительных этапов обработки изображения с целью подавления точечных артефактов и векторизации траектории.

1. Kawai, H. Anti-sway system with image sensor for container cranes / H. Kawai, Y. B. Kim, Y. W. Choi // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2009. – V. 23. – N. 10. – P. 2757–2765.
2. Kim, S. W. Multi-point Displacement response measurement of civil infrastructures using digital image Processing / S. W. Kim, N. S. Kim // The Proceedings of the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction – EASEC12. – Procedia Engineering. – 2011. – V. 14. – P. 195–203.
3. Ye, X. W. A vision-based system for dynamic displacement measurement of long-span bridges: algorithm and verification / X. W. Ye, Y. Q. Ni, T. T. Wai, K. Y. Wong, X. M. Zhang, F. Xu // Smart Structures and Systems. – 2013. – V. 12. – N. 3–4. – P. 363–379.
4. Будилов, В. Н. Двумерные опорные сигналы для видеосистем контроля колебаний / В. Н. Будилов, А. Г. Ермолов // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС 2015): материалы международной научной конференции. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 32–33.