

УДК 519.816

Толстов А.А.¹

¹ Московский физико-технический институт

Выделение объектов из последовательности изображений, полученных оптическим сенсором

В настоящей работе рассматривается решение задачи обнаружения треков движущихся объектов по имеющейся последовательности изображений, полученных оптическим сенсором. При этом для принятия решения о наличии или отсутствии на последовательности объекта рассматривается полностью вся последовательность. Перебираются различные значения параметров движения объекта, и для каждого набора параметров строится модель его движения, то есть фактически, как бы выглядела последовательность изображений, если бы на ней присутствовал объект с такими параметрами. Все полученные модели сравниваются с исходной последовательностью изображений, выбирается наиболее похожая, и по коэффициенту правдоподобия принимается решение о достоверности данной модели, то есть о наличии на последовательности объекта с соответствующими значениями параметров. В рассматриваемой задаче движущийся объект обладает следующими неизвестными параметрами: координаты начала его движения (x_0, y_0) , направление его движения (определяется углом α между направлением движения и горизонталью), скорость движения v , интенсивность, при этом рассматривались модели с постоянной интенсивностью I , и с интенсивностью, меняющейся по линейному закону:

$$I = I_0 + at .$$

Так же считалось, что изображения могут иметь неизвестный задний план $b(x, y)$, достаточно неподвижный, и на изображениях могут присутствовать шумы. В общем случае отношение правдоподобия можно максимизировать по параметрам $b(x, y)$ и I (или I_0 и a , если интенсивность моделируется линейной функцией). Это значит, что не требуется применять какие-либо дополнительные алгоритмы для устранения заднего плана, что обычно приходится делать в других алгоритмах [1]. По остальным параметрам в общем виде нельзя провести максимизацию отношения правдоподобия, поэтому оптимальные значения вычисляются путем перебора. В рассматриваемом алгоритме сначала перебираются значения положения старта (x_0, y_0) (с шагом в пол пикселя), затем для каждого фиксированного положения перебираются значения параметров движения объекта v и α . Для каждого набора

параметров строится модель изображений с присутствием объекта с такими параметрами. Вычисляется функция корреляции модели с реальными изображениями, выбирается максимальная для каждой фиксированной точки старта. Таким образом, на данной стадии имеется распределение максимизированной функции корреляции в зависимости от положения старта (x_0, y_0) . Далее из этого распределения выбираются все локальные максимумы и сравниваются с некоторым пороговым значением. В случае превышения порога принимается решение, что из данной точки начал движение объект с параметрами, дающими максимум функции корреляции.

Для ускорения работы алгоритма можно воспользоваться тем, что при вычислении функции корреляции всегда получается, что при наличии объекта максимум функции в соответствующей точке не очень четкий, то есть вокруг него всегда есть «пятно», на котором функция принимает довольно большие значения. Поэтому можно вычислять корреляционную функцию для значений (x_0, y_0) с шагом не в пол пикселя, а, например, в два пикселя, и если значение превзойдет некоторое заниженное пороговое значение, то тогда в окрестности этой точки можно рассматривать все точки с шагом в пол пикселя. В результате такого усовершенствования время работы алгоритма уменьшается в несколько раз, однако возрастает вероятность пропуска объекта с низким отношением сигнал-шум.

При работе с несколькими целями различной интенсивности описанный выше алгоритм работал неудовлетворительно, так как для обнаружения различных целей требовалось различное пороговое значение функции корреляции. Для решения этой проблемы вместо сравнения корреляционной функции с пороговым значением искались ярко выраженные пики корреляционной функции, вне зависимости от их абсолютного значения.

Также была реализована модификация алгоритма для последовательности изображений, полученных с колеблющегося сенсора, то есть со сдвигом между изображениями. Для работы в таких условиях в модифицированном алгоритме сначала вычисляется относительное смещение между соседними кадрами, затем строится интерполяция кадров, неподвижных относительно друг друга, и к полученной последовательности применяется алгоритм поиска трека. Смещение между кадрами можно определять различными способами, в данной работе оно определялось посредством вычисления оптического потока.

На практике интересен также следующий случай: устройство производит не несколько снимков подряд, а один снимок с длинной выдержкой. За время выдержки движущийся объект успевает оставить не точечный след, а линию. Для этого случая также применим рассматриваемый алгоритм. Один кадр с длинной выдержкой можно представить в виде суммы нескольких кадров с короткой выдержкой. Для использования данного алгоритма в этом случае можно для каждой точки строить модель последовательности изображений, а затем суммировать эти изображения и получать таким образом модель изображения с длинной выдержкой.

Все описанные выше модификации данного алгоритма были программно реализованы и протестированы на синтезированных последовательностях изображений. Как показало тестирование, качество обнаружения объектов сильно зависит от количества кадров в рассматриваемой последовательности: при рассмотрении последовательности из 5 кадров стабильно удавалось успешно обнаружить объекты с отношением сигнал-шум, равным 5, в то время как на последовательности из 20 кадров для стабильного обнаружения объекта достаточно отношения сигнал-шум, равного 3. При этом успешно обнаруживаются объекты, движущиеся с довольно низкими скоростями – от 0.1 пикселя за кадр. Время выполнения различных модификаций данной программы при работе с последовательностями от 5 до 20 изображений размером 64*64 пикселя составляло от 10 до 140 секунд.

Реализованный алгоритм показывает достаточно высокую надежность: на изображении 64*64 пикселя при наличии объекта с отношением сигнал-шум, равным 5, вероятность успешного обнаружения объекта составляет 0.996, а вероятность ложной тревоги – 0.0003.

Основные преимущества данного алгоритма по сравнению с другими – это обнаружение объектов с низким отношением сигнал-шум, обнаружение медленно передвигающихся объектов, обнаружение нескольких объектов с пересекающимися треками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ким А.К., Колесса А.Е., Лагуткин В.Н., Лотоцкий А.В., Репин В.Г.* Алгоритмы идентификации и подавления нестационарного мешающего фона и повышение разрешающей способности в оптическом сенсоре с хаотически колеблющейся оптической осью и динамическими абберациями // Вопросы радиотехники и электроники. – 2001 - Серия РЛТ Москва.