

Разработка динамического алгоритма трекинга объектов по особым точкам*

А. Моргачева¹, В. Куликов², В. Косых²

wuffels@mail.ru|kulikov.victor@gmail.com|kosych@iae.nsk.su

Россия, ¹ Новосибирский государственный университет

² Институт автоматизации и электрометрии СО РАН

В задачах слежения за объектом на последовательности изображений ключевую роль играет модель наблюдаемого объекта. Модель в виде совокупности частей, в частности, особых точек, более устойчива к изменениям формы, текстуры, угла обзора объекта, так как локальные изменения действуют только на определённые части объекта. С другой стороны, любая модель требует обновления по мере изменения внешнего вида объекта относительно камеры. В данной работе предложена динамическая (изменяющаяся во времени) модель на основе набора особых точек объекта. Для обновления данных предложенная модель использует алгоритм рейтинга особых точек и решающее правило на основе FRiS. В результате на тестовом наборе последовательностей было достигнуто улучшение в среднем на 2,9% по сравнению с исходным алгоритмом. На некоторых последовательностях улучшение достигало 16% по сравнению с исходным алгоритмом.

Ключевые слова: трекинг объектов, особые точки, динамическая модель объекта, FRiS

1. Введение

Задача слежения за априори неизвестными объектами (трекинг объектов) – задача слежения за априори неизвестными объектами (трекинг объектов) – представляет значительный интерес в области компьютерного зрения. Под априори неизвестным объектом подразумевается, что на вход алгоритму трассировки подается только область, содержащая объект в первом кадре последовательности. Задача слежения за объектом состоит в том, чтобы, зная область, содержащую объект на первом кадре, определить ее местоположение на последующих кадрах последовательности.

При трекинге объектов алгоритм сталкивается с рядом трудностей: низкая контрастность между объектом и фоном, перекрытие объекта интереса другими объектами, временное исчезновение объекта из кадра, изменения освещения, формы, угла обзора или текстуры объекта.

Ключевую роль в задаче отслеживания играет представление (модель) объекта в алгоритме. Модели объекта в виде совокупности частей, более устойчивы, так как локальные изменения действуют только на определенные части объекта.

В алгоритме СМТ [4] предлагается использовать представление объекта в виде набора особых точек. При изменении формы и угла обзора набор особых точек, описывающий объект, также меняется, но данные изменения никак не отражаются в модели. Поэтому в данной работе предлагается модификация алгоритма СМТ с использованием динамически изменяемого набора особых точек.

Работа опубликована при финансовой поддержке РФФИ, грант №16-07-20482

2. Алгоритм СМТ

В качестве основы нашей работы был выбран алгоритм СМТ, использующий представление объекта в виде набора особых точек BRISK [2]. Алгоритм СМТ был выбран за сочетание точности, скорости работы и компактного представления модели.

Модель в алгоритме состоит из центра масс, координат особых точек относительно центра масс, данных об их взаимном расположении и дескрипторов. Данный алгоритм использует совместную работу трекера и детектора. Трекер определяет положение точек объекта на новом кадре, используя вычисление прямого и обратного оптического потока [3], что позволяет более точно определить новое положение точек объекта. На основании нового местоположения точек вычисляется смещение объекта, изменение его размера и угла поворота. Для вычисления центра объекта и удаления выбросов применяется кластеризация. Затем детектор сравнивает дескрипторы кадра с дескрипторами в модели объекта и уточняет результат работы трекера. На основании полученных данных об изменении модели, вычисляется новое положение области объекта на кадре.

3. Динамическая модель

Даны последовательность кадров входного видео $I_1 \dots, I_T$ и область b_1 , ограничивающая объект на первом кадре последовательности. Задача алгоритма состоит в оценке местоположения этой области на каждом последующем кадре или определении того, что объект не видим на текущем кадре. В алгоритме СМТ для оценки местоположения объекта используются такие параметры, как его центр масс μ , масштаб S и угол поворота θ .

Объект наблюдения представлен центром масс μ , набором особых точек объекта $O = (r_i)_{i=1}^N$, где r –

координата каждой его особой точки относительно центра масс. Для оценки изменения масштаба и поворота вычисляются вектора разности координат для каждой пары точек объекта, в модели они представлены матрицей длин этих векторов $L = (l_{ij})_{i,j=1}^N$, и матрицей углов $A = (a_{ij})_{i,j=1}^N$ в полярных координатах. Каждая особая точка описывается дескриптором, дескрипторы точек объекта составляют множество $F_0 = (f_{0i})_{i=1}^N$. Дескрипторы особых точек первого кадра последовательно, не принадлежащих области b_1 , образуют множество дескрипторов точек фона $F_b = (f_{bi})_{i=1}^M$. Для быстроты вычислений были использованы двоичные дескрипторы BRISK размерности 512.

3.1 Рейтинги

В процессе слежения за объектом набор особых точек, описывающих объект может измениться достаточно сильно-старые точки могут перестать присутствовать на объекте, могут появиться новые. В соответствии с изменением объекта необходимо изменить и его модель. Для определения того, какие точки нужно добавить, а какие удалить применяется система рейтинга точек, определяющая степень доверия к каждой точке.

При начальной инициализации каждой точке объекта присваивается некоторый вес $w_i \in W$, где W – множество весов всех точек объекта. С каждого кадра I_k извлекаются особые точки, их дескрипторы сопоставляются с дескрипторами модели объекта. Если установлено присутствие точки объекта на новом кадре последовательности, то считается что такая точка более удачна для трекинга, и ее вес увеличивается. По достижении максимального веса w_{\max} вес точки более не меняется, так как считается, что такая точка достаточно хорошо описывает объект. Если точку не удалось найти на новом кадре, то ее вес уменьшается. Таким образом удастся избавиться от «случайных» точек, вызванных шумом или неточностью выделения области объекта, и точек, переставших быть видимыми. Выбор начального веса и критерий добавления новой точки в модель определяются с использованием FRiS [1].

3.2 FRiS решающее правило

Система рейтинга точек должна учитывать степень доверия к каждой из точек объекта. В качестве меры степени доверия к точке используется функция, оценивающая степень сходства данной точки с точками фона и объекта в абсолютной шкале. Данная функция конкурентного сходства (FRiS) обладает следующими свойствами:

- Свойство локальности: мера сходства зависит не от характера распределения всех точек, а от особенностей распределения точек в окрестности заданной точки.

- Свойство нормированности: функция принимает максимальное значение 1 при совпадении точки с некоторой точкой объекта, минус 1 при совпадении с некоторой точкой фона. В остальных случаях функция принимает значения от минус 1 до 1.
- Свойство антисимметричности: значения сходства точки с фоном и объектом связаны свойством антисимметричности, при одинаковых расстояниях до ближайшей точки фона и объекта, точка будет в равной степени похожа на фон и объект, а функция будет принимать значение 0.
- Свойство инвариантности: значения меры сходства сохраняются при аффинных преобразованиях.

Таким образом, FRiS позволяет определить степень схожести точки с ближайшей точкой фона в конкуренции с ближайшей точкой объекта. Данная мера сходства воспроизводит механизм оценки сходства, используемый человеком, и инвариантна к распределению особых точек.

Начальный вес точек объекта рассчитывается следующим образом: для каждой точки вычисляется расстояние d_b между дескриптором этой точки и ближайшим дескриптором фона f_b и расстояние d_0 между дескриптором точки и ближайшим дескриптором объекта f_0 . Затем вычисляется значение функции конкурентного сходства α_i для каждой точки $\alpha_i = \frac{d_{b_i} - d_{o_i}}{d_{b_i} + d_{o_i}}$. В результате, вес $w_i = F(\alpha_i)$, где F линейная функция, со следующими свойствами: $F(\alpha_i) = \begin{cases} w_{\max}, & \text{при } \alpha_i = 1; \\ \frac{w_{\max}}{k}, & \text{при } \alpha_i = -1. \end{cases}$, где

w_{\max} – максимально возможный вес точки, а k – некоторый натуральный коэффициент. Процесс до-



Рис. 1: Новые точки объекта. Зеленым показаны точки, добавленные в модель

бавления точек в модель также использует FRiS. Для начала для каждой точки кадра определя-

ется, принадлежит ли она области, определенной как объект. Если это так, то вычисляется значение FRiS-функции: $\alpha_i = \frac{d_{b_i} - d_{o_i}}{d_{b_i} + d_{o_i}}$. Если $\alpha \in [t_1, t_2]$, где t_1, t_2 – заданные пороговые значения, и расстояние d между этой точкой и точкой f_0 в пространстве L_2 больше некоторого порога D , то считается, что эта точка кадра новая и ее следует добавить в модель с некоторым начальным весом w_s . Обновление модели После удаления и добавления точек необходимо пересчитать модель объекта. Исходя из нового набора точек заново вычисляется центр масс объекта и расположение точек относительно него. Заменяются соответствующие строки и столбцы в матрицах A и L .

4. Результаты

Для сравнения работы алгоритма с предложенной динамической моделью и без нее использовался тот же набор тестовых видеопоследовательностей, что и в оригинальной работе [4]. Данный набор покрывает различные сложные для трекинга случаи. Для каждого видео заранее известны координаты углов прямоугольника, вмещающего в себя объект. В качестве меры K , показывающей точность определения местоположения объекта берется отношение

$$k = \frac{S_0 \cap S_1}{S_0 \cup S_1}$$

где k – коэффициент сравнения, S_0 и S_1 – площади заданного и найденного прямоугольников.

По данным, полученным на тестовом наборе можно говорить о среднем улучшении точности определения местоположения объекта на 2,9% (см. рис. 2). Также рассматривался такой критерий сравнения, как процент кадров, на которых объект был обнаружен. По данному критерию улучшение составило 4,4% (см. рис. 3).

5. Заключение

В данной работе был реализован и протестирован алгоритм трекинга объектов с применением динамически изменяемого набора особых точек в качестве модели объекта. В частности, были предложены и реализованы алгоритм рейтинга особых точек модели, позволяющий оценивать степень доверия к данной точке и алгоритм добавления и удаления точек, в зависимости от рейтинга. Также было рассмотрено построение решающих правил для добавления новых точек в модель на основе FRiS. Качество работы предложенного алгоритма было оценено на данных. В результате сравнения было показано, что предложенные модификации позволили улучшить качество трекинга объекта алгоритмом CMT на 2,9%.

Литература

- [1] Загоруйко Н. Г. и др. Функция Конкурентного Сходства в Распознавании Образов.

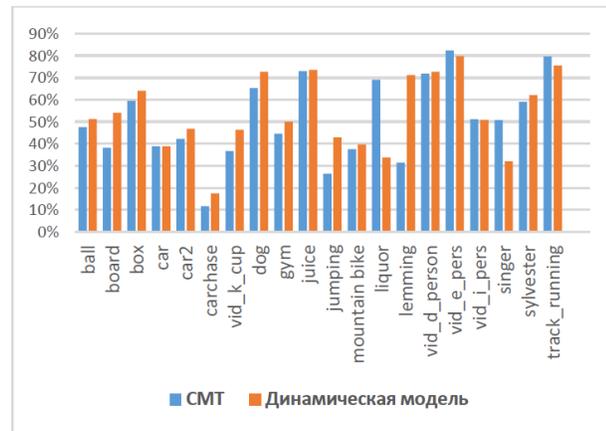


Рис. 2: Результаты работы алгоритма в процентах от общего числа кадров по сравнению с алгоритмом, не использующим динамическую модель. Сравнение по точности определения местоположения.

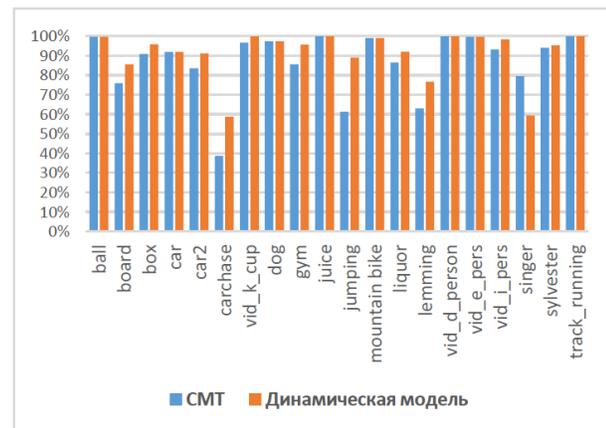


Рис. 3: Результаты работы алгоритма в процентах от общего числа кадров по сравнению с алгоритмом, не использующим динамическую модель. Сравнение по определению местоположения объекта.

- [2] Leutenegger S., Chli M., Siegwart R. Y. BRISK: Binary robust invariant scalable keypoints // Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on. – IEEE, 2011. – С. 2548-2555.
- [3] Lucas B. D. et al. An iterative image registration technique with an application to stereo vision // IJCAI. – 1981. – Т. 81. – С. 674-679.
- [4] Nebel G., Pflugfelder R. Consensus-based matching and tracking of keypoints for object tracking // Applications of Computer Vision (WACV), 2014 IEEE Winter Conference on. – IEEE, 2014. – С. 862-869.