РАЗДЕЛ I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Коротина М.М., Быстров С.В.

Трекинг управляемых объектов движения

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi:10.18411/spc-22-03-2018-01

idsp: 000001:spc-22-03-2018-01

Трекингом называется определение местоположения движущегося объекта (нескольких объектов) во времени с помощью видеокамеры. Алгоритм анализирует видеокadres и выдает положение движущихся целевых объектов относительно кадра. Основная проблема в трекинге состоит в сопоставлении положений целевого объекта на последовательности кадров, особенно если объект движется быстро относительно частоты кадров. В данной работе реализован трекинг за множеством объектов методом межкадровой разницы. За характерные точки взяты моменты контуров. Момент — это суммарная характеристика контура, рассчитанная интегрированием (суммированием) всех пикселей контура. Момент (p, q) определяется формулой:

$$m(p, q) = \sum_{i=1}^n I(x, y) \cdot x^p \cdot y^q$$

где

p и q — порядок возведения в степень соответствующего параметра при суммировании.
 n — число пикселей контура.

Для идентификации нужных объектов на изображении создаётся функция, относящая найденный объект к классу отслеживаемых при наличии у последнего ряда описанных геометрических свойств (размер, расположение внутренних контуров и т.д.).

Алгоритм обнаружения и отслеживания объектов:

1. Фильтрация полученного кадра с видеокамеры;
2. Выделение контуров объектов и местности;
3. Идентификация полученных контуров;
4. Если контур относится к классу объектов слежения, ему присваивается порядковый номер и вычисляется момент;
5. Чтение следующего кадра, повторение пунктов 1-4 и вычисление разницы моментов между кадрами;
6. Определение перемещения всех объектов.

Данный метод позволяет одновременно следить за 1-5 объектами. При большем количестве производительность программы падает, поскольку обработка вычислений замедляется, и данные не успевают обновляться до чтения следующего кадра. Эта проблема решается разделением программы на потоки, количество которых будет равно количеству найденных объектов. При многопоточном отслеживании количество объектов движения можно увеличить до нескольких десятков.

Рисунок 1 – Кадры одновременного движения трех объектов по заранее заданным траекториям.

В качестве эксперимента были сконструированы три робота на базе Lego Mindstorms NXT 2.0, для каждого была написана программа движения по заданному маршруту. Запуск роботов осуществлялся синхронно. Робот справа (робот 1) вращался один оборот по часовой стрелке, робот в середине (робот 0) ехал вперед и вправо, последний робот (робот 2) двигался вперед-назад на одинаковое расстояние.

Программы маршрутов написаны на языке программирования BricksCC, который хорошо подходит для платформ NXT.

OnFwd(OUT_B(C), power) – функция используется для поворота вправо или влево (мотор C) с заданной мощностью power (в процентах), при power меньше нуля происходит реверс;

Off(OUT_C(B)) – выключение мотора (моторов);

Wait(delay) – задержка действия на время delay (в миллисекундах);

Таблица 1

Скрининг кода, отвечающего за маршрут робота:

робот 0	робот 1	робот 2
OnFwd(OUT_B, 25); Off(OUT_C); Wait(10·t); Off(OUT_BC);	OnFwd (OUT_BC, 30); Wait(4·t); OnFwd (OUT_B, 45); Wait(2·t); OnFwd (OUT_BC, 35);	OnFwd (OUT_BC, 30); Wait(4·t); OnFwd (OUT_BC, -30); Wait(4·t); Off(OUT_BC);

Результаты трекинга отображены на рисунке 2, где хорошо видно проскальзывание колёс и рывковые движения объектов, так как конструкция рамы довольно легкая и вес робота сказывается на взаимном положении колёс.

Рисунок 2 – отображение полных траекторий объектов в миллиметрах.

Буквами би е обозначены соответственно начало и конец маршрута. Индексация роботов начинается с нуля и задается пользователем.

Данный метод позволяет проанализировать передвижения интересующих нас объектов и посчитать их кинематические характеристики, такие как линейная скорость, угловая скорость, ускорение и т.д. Разница моментов и времени между расчетами записывается в файл вида «robot_.txt», где на место пропуска автоматически ставится индекс объекта. Для удобства пользователей после каждой итерации также считается мгновенная скорость объекта в точке, что позволяет сделать вывод о движении объекта, о его остановках и точках наибольшей скорости. На рисунках ниже для лучшей информативности представлены огибающие мгновенных скоростей объектов.

Рисунок 3 – огибающая мгновенной скорости объекта робот 0

Первый объект двигался вперед равномерно. На правом повороте видно, что во время поворота направо объект ускорился, что соответствует программной реализации.

Рисунок 4 – огибающая мгновенной скорости объекта робот 1

Второй объект двигался вперед по окружности. Можно заметить, что к середине цикла его скорость падает, что обуславливается конструктивными особенностями и уменьшающимся зарядом аккумулятора.

Рисунок 5 – огибающая мгновенной скорости объекта робот 2

Последний объект двигался по прямой вперед и назад. На графике видно, что перед точкой реверса и в начале движения назад объект немного ускоряется, но затем вновь возвращается к равномерному перемещению.

Результатом данной работы стало создание следящей системы, способной наблюдать за несколькими объектами одновременно рассчитывать их положение в пространстве, а также считать и записывать кинематические характеристики. Погрешность расчетов при размере рабочего поля 1100x750 миллиметров составляет 1 квадратный миллиметр, это позволяет сделать вывод, что работа выполнена с высокой точностью и может применяться в системах слежения, где положение наблюдаемых объектов изменяется в пределах нескольких миллиметров. В будущем планируется увеличить стабильный трекинг до 10 объектов, разделяя программу обработки на потоки, а также добавить отображение заданных пользователем конечных точек движения для каждого объекта и расчет отклонения текущего положения робота от целей.

1. Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. O'Reilly Media, 2008, 556 p.
2. Герберт Шилдт. C++ для начинающих. Шаг за шагом. ЭКОМ Паблишерз, 2013, 640 с.