

МЕТОД СКАНИРОВАНИЯ ПОТОКА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Русакович Е.С., Деменковец Д.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Леванцевич В.А. – старший преподаватель

Аннотация. Описывается метод сканирования потоков движущихся объектов, алгоритм формирования изображения. Представлены результаты обработки видеопотоков, записанного предварительно и в реальном времени.

Ключевые слова. Сканирование, скорость, панорамный кадр, частота кадров, полоса пикселей.

Первые сканеры движения появились ещё в 1958 году в качестве радаров контроля скорости, для детектирования нарушений правил дорожного движения. Они также используются и в настоящее время. Сканирующие камеры также используются в железнодорожном транспорте, производстве средств гигиены, шинной промышленности, производстве аккумуляторов, индустрии интегральных микросхем и других промышленных производствах.

Описанный метод способен решать задачу сканирования различных потоков движущихся объектов, что обеспечивает его универсальность. Сам процесс сканирования заключается в выделения полосы пикселей сенсора камеры, их обработки и последовательном соединении для получения панорамного кадра, что является достаточно сложной задачей, как с точки зрения памяти, так и расчётов. Учитывая эти особенности, возможным вариантом вычислительного устройства представляется одноплатный компьютер Raspberry Pi [1].

Результат работы метода заключается в получении панорамного кадра, на котором отображены объекты, двигавшиеся со скоростью, указанной при программной конфигурации. Такой кадр имеет ряд преимуществ по сравнению с видео форматом: удобство анализа данных, простота визуализации, в том числе на печати, и простота постобработки. Формат эффективен также для хранения. В отличие от форматов .MKV и .MP4 аудио информация не включена, происходит сжатие всего панорамного кадра, что значительно уменьшает размер файла. При необходимости можно преобразовать его в видео формат и обратно. Любое видео – это контейнер кадров с сенсора камеры, а панорамный кадр – те же кадры, полученные из контейнера, соединённые по высоте. Более того, для одного записанного набора изображений возможно получить бесконечное множество панорамных кадров, соответствующих конкретным и фиксированным скоростям целевых объектов.

В общем случае суть метода для неподвижного объекта заключается в сканировании, которое выполняется путём продольной съёмки объекта. Для движущихся объектов применим обратный подход, камера установлена неподвижно, но полоса пикселей определённой ширины снимается с такой частотой, что кадры соответствуют частям объекта, переместившимся в пространстве за временной интервал между их получением. Таким образом, скорость целевых объектов определяется комбинацией установленной ширины полосы пикселей и частоты кадров сенсора. Значения этих параметров зависят от непосредственно скорости, задаваемой в конфигурации, и миллиметров горизонтали, приходящихся на пиксель. Обозреваемое сенсором пространство можно представить, как усечённую пирамиду. Тогда горизонтальное сечение упрощённо представляется как равнобедренный треугольник, в котором высота будет являться расстоянием до объекта. Используя это расстояние и угол обзора камеры, значение миллиметров на пиксель вычисляется по формуле:

$$L_p = \frac{D \cdot \tan \theta}{W} \quad (1),$$

где D – расстояние до объекта; θ – угол обзора сенсора; W – ширина кадра в пикселях.

Различные комбинации ширины полосы и частоты кадров могут приводить к одинаковой целевой скорости. Это позволяет создавать такие режимы конфигурации метода, при которых устанавливается приоритет конкретного параметра результирующего кадра. Например, уменьшив частоту кадров, можно снимать в режимах сенсора, обладающих высоким разрешением, что повышает качество изображения. В то же время при высокой частоте кадров площадь задействования матрицы сенсора можно значительно уменьшить, тем самым снизить рабочую загрузку сенсора и объём необходимой для обработки кадра памяти. При этом для необходимой частоты кадров, миллиметров на пиксель и целевой скорости получаем формулу вычисления ширины полосы пикселей:

$$W_s = \frac{V}{L_p \cdot FPS} \quad (2),$$

где V – целевая скорость, FPS – частота кадров.

С целью проверки метода был обработан видеопоток, записанный на камеру мобильного телефона. В формулы (1) и (2) были подставлены расстояние до объекта равное 10 метров, и частота

равная 30 кадров/сек. Были получены результирующие панорамные кадры автобуса, соответствующие скоростям 30 км/ч, 37,5 км/ч и 44,5 км/ч на рисунке 1.



а



б



в

Рисунок 1 – Изображение автобуса для целевых скоростей 30 км/ч (а), 37,5 км/ч (б), 44,5 км/ч (в)

Для применения метода в обработке видеопотока в реальном времени было использовано устройство на основе одноплатного компьютера Raspberry Pi 3В и сенсора камеры OV5647 [2]. Метод реализован как программное обеспечение, которое конфигурирует ширину полосы, снимаемой с сенсора, устанавливает необходимую частоту кадров для указанной скорости объекта и соединяет кадры, получаемые с сенсора. Движущимся объектом была модель автомобиля, многократно подвергавшаяся сканированию, двигаясь с различной скоростью. Комплекс и модель автомобиля представлены на рисунке 2.



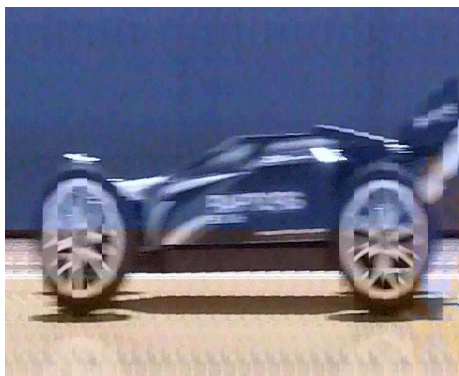
а



б

Рисунок 2 – Внешний вид модели автомобиля (а) и комплекса сканирования (б)

Подстановка некорректных параметров в формулы (1) и (2) приводит к значительным искажениям объектов на результирующем панорамном кадре, так как их реальная скорость отличается от целевой скорости. Примеры полученного панорамного кадра представлены на рисунке 3.



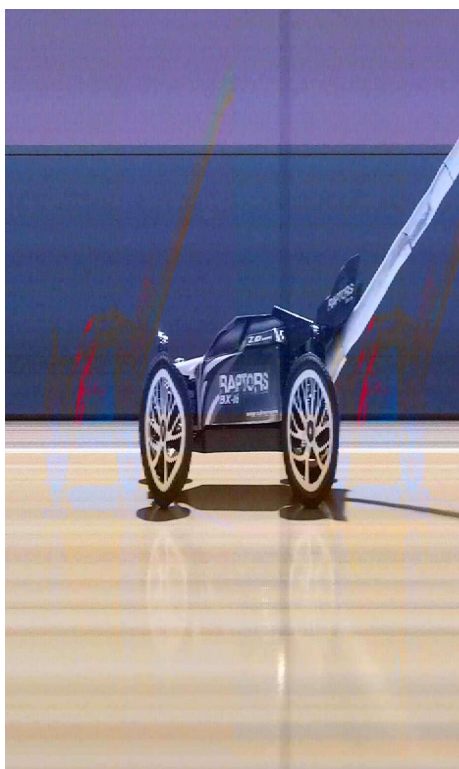
а



б

Рисунок 3 – Искажённая модель автомобиля, отсканированная с шириной полосы в 24 пикселя и частотой 15 Гц (а) и с шириной полосы в 4 пикселя и частотой 58 Гц (б)

При более точном указании целевой скорости и расстояния до объектов, с помощью реализованного алгоритма получены оптимальные в соответствии с конфигурацией и возможностями сенсора параметры. Отдельные результаты сканирования для ширины полосы равной четырём пикселям, а частоты кадров равной 15 Гц и 58 Гц представлены на рисунке 4. Стоит отметить, что для сенсора комплекса, съёмка на 58 кадрах в секунду соответствует разрешению 640 на 480 пикселей, а съёмка на 15 кадрах – 2592 на 1944 пикселей. Следовательно, качество изображения для 15 кадров в секунду выше.



а



б

Рисунок 4 – Модель автомобиля, отсканированная с шириной полосы в 4 пикселя и частотой кадров 15 Гц (а) и 4 пикселя и частотой кадров 58 Гц (б)

В ходе проведения экспериментов метод сканирования был опробован на двух различных видеопотоках, записанном ранее с помощью камеры мобильного телефона и видеопотока, полученного реальном времени с помощью аппаратного комплекса. Критическую важность для получения качественных результатов сканирования имеют корректные указания параметров: целевой скорости и расстояния до объектов. Для удобного и точного измерения расстояний до близко расположенных объектов в комплекс планируется встраивание ультразвукового дальномера. Чтобы повысить максимальную целевую скорость, требуется увеличить доступную частоту кадров, добавив доступные режимы работы сенсора в драйвер устройства [3].

Метод может применяться в совокупности с алгоритмами машинного обучения, предоставляя входные данные для последующего анализа с целью детектирования и классификации. Например, учёта количества и типов железнодорожных вагонов, классификации автомобильного транспорта на участках дорог, или детектирования нарушений и учёте при производстве.

Список использованных источников:

1. Raspberry Pi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/documentation/> – Дата доступа: 10.04.2025.
2. OV5647 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/RaspberryPi/ov5647_full.pdf. – Дата доступа: 06.04.2025.
3. Код драйвера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://git.kernel.org/pub/scm/linux/kernel/git/torvalds/linux.git/tree/drivers/media/i2c/ov5647.c>. – Дата доступа: 06.04.2025

METHOD OF SCANNING MOVING STREAM OF OBJECTS

Rusakovich Y.S., Demenkovets D. V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Levantsevich V. A. – Senior Lecturer

Annotation. The method of scanning streams of moving objects and the algorithm of image formation are described. The results of processing video streams recorded in advance and in real time are presented.

Keywords. Scanning, speed, panoramic frame, frame rate, pixel strip.