

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СНИМКАХ

*А. В. Русакович
БГУИР, г. Минск*

Алгоритмы обнаружения объектов схожи как для тепловизионных снимков, так и для цветных, однако с учетом отличительных признаков специализированного оборудования, нельзя использовать одинаковые алгоритмы. В данной работе под цветным снимком понимается трёхканальное изображение, содержащее значения яркости для красного, зелёного и синего цветов, пример которого приведен на рисунке 1. Тепловизионным называется одноканальное изображение, которое содержит только одну яркостную составляющую, сформированную на основе инфракрасного спектра, как показано на рисунке 2. Целью данной работы является описание особенностей работы алгоритмов обнаружения объектов на тепловизионных снимках в сравнении с цветными.

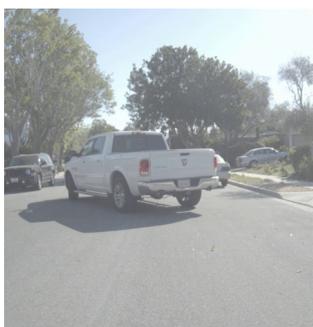


Рисунок 1 – Цветное изображение [3]



Рисунок 2 – Тепловизионное изображение [3]

Рассмотрены изображения, которые получены с тепловизионных сенсоров и цветных сенсоров видимого спектра. Работа с монохромными изображениями видимого спектра не рассматривается. У тепловизионных сенсоров разрешение ниже, чем у сенсоров видимого спектра: например, тепловизионные изображения были получены с помощью FLIR Tau2 с разрешением 640x512 (13 мм f/1.0, 45-градусный HFOV и 37-градусный VFOV) [1], изображения в формате RGB были получены с помощью FLIR BlackFly с разрешением 1280x512 пикселей (объектив 4-8 мм f/1,4-16 мегапикселей с углом обзора, соответствующим Tau2) [2]. В обеих камерах использовались настройки по умолчанию. Следовательно, при сравнении разрешений имеется разница. В некоторых случаях она достигает нескольких порядков. Для части алгоритмов обнаружения конкретных объектов необходима детализация, которую в полной мере не может предоставить тепловизионное изображение. Следовательно, использование изображений такого типа снизит вероятность детектирования объектов по сравнению с цветными.

использование изображений такого типа снизит вероятность детектирования объектов по сравнению с цветными.

На тепловизионных сенсорах управление чувствительностью происходит только посредством усиления сигнала. На сенсорах видимого спектра есть дополнительная возможность регулировать выдержку по времени, что позволяет увеличивать соотношение сигнал/шум. Данные особенности связаны с алгоритмами работы сенсоров. В случае тепловизионного сенсора сигнал пропорционален разнице температур между объектом и фоном. Поскольку все объекты нагреты неравномерно, они с разной интенсивностью излучают энергию в инфракрасном диапазоне. Чем больше разница между интенсивностями излучений разных объектов, тем более контрастное изображение появляется на тепловизионном сенсоре. У сенсоров видимого спектра сигнал зависит от количества фотонов, попавших в чувствительную ячейку сенсора: чем больше время выдержки, тем выше уровень сигнала. Истинный цвет объекта на изображении формируется путем объединения яркостей каждого из цветовых каналов. Таким образом, для сенсоров видимого спектра используется больше вариантов регулировки чувствительности в сравнении с тепловизионными.

В связи с особенностью работы сенсоров, у тепловизионного есть основное преимущество: он позволяет фиксировать объект за пределами видимости человеческого спектра и в ночное время суток. Например, при съёмке в лесу тепловизионный сенсор позволит увидеть кабана за листвой и деревьями, тогда как на цветном изображении будет отображен только лес, который является фоном.

При работе с тепловизионным изображением в условиях температуры окружающей среды, соизмеримой с температурой отслеживаемого объекта, на тепловизионном изображении будет практически невозможно различить детали, что препятствует работе алгоритмов в таких погодных условиях. Для сенсоров видимого спектра такие природные условия являются наилучшими для работы алгоритмов отслеживания объектов. В ночное время суток с тепловизионного сенсора можно получить гораздо больше подробной информации для работы алгоритмов, чем с сенсора видимого спектра.

При использовании тепловизионных сенсоров следует учитывать, что металлические объекты выглядят как объекты с очень высокой температурой, даже если они холодные, а через стекло и воду сенсор не сможет ничего зафиксировать из-за того, что они поглощают и равномерно распределяют тепловое излучение рассматриваемого объекта. Вместо этого тепловизионный сенсор измерит температуры стекла или воды.

У тепловизионного и цветного изображений отличается предварительная обработка: у первого нужно устранять неравномерности чувствительности сенсора, что увеличивает время, которое необходимо на обработку каждого монохромного кадра. В связи с этим раз в несколько минут тепловизионный сенсор необходимо остановить и перекалибровать, что накладывает дополнительные сложности на алгоритмы цифровой обработки изображений и, в частности, на алгоритмы обнаружения объектов: поскольку в результате калибровки у одного и того же объекта может значительно различаться яркость из-за появления или исчезновения в кадре “теплого” источника.

Тепловизионные сенсоры получают монохромное изображение, что не позволяет полноценно использовать алгоритмы цифровой обработки, которые используют в своей работе несколько цветковых каналов.

Был проведен эксперимент, который подтверждает, что для тепловизионных и цветных изображений необходимо использовать разные алгоритмы обнаружения объектов. Для проверки теории был взят разработанный алгоритм обнаружения объектов для цветных изображений и два видео: RGB и тепловизионное. На видео человек проходит по комнате, берёт книгу, садится на диван, пролистывает ее, встает и уходит из помещения. Видео составило 948 кадров. В двух случаях (тепловизионном и RGB) размеченное вручную видео было принято за эталонный вариант. Далее разработанный алгоритм определил положение объекта на каждом кадре видео. После было выполнено покадровое сравнение площадей рамок обнаружения. Для варианта RGB был получен график 1 (рисунке 3), на котором представлен график, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на RGB изображении. По приведенному графику можно сделать вывод, что средняя точность распознавания на RGB изображении достигает $(78,67 \pm 11,32)\%$.

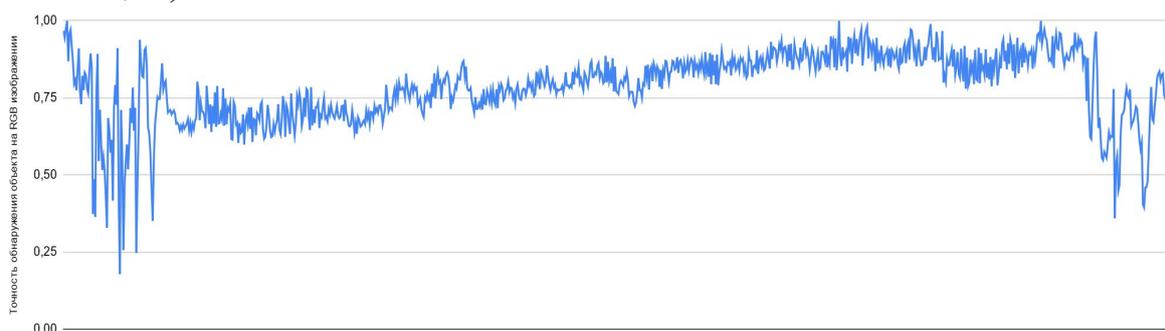


Рисунок 3 – График, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на цветном снимке

Для тепловизионного варианта был получен график 2 (рисунки 4), на котором представлен график, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на тепловизионном изображении. Таким образом, по приведенному графику можно сделать вывод, что точность распознавания на тепловизионном изображении достигает 65%, что хуже, чем на аналогичном цветном изображении. В процессе работы алгоритма обнаружения движения на тепловизионном изображении он переключился на другой объект, хотя на аналогичном цветном изображении объект слежения не изменился.

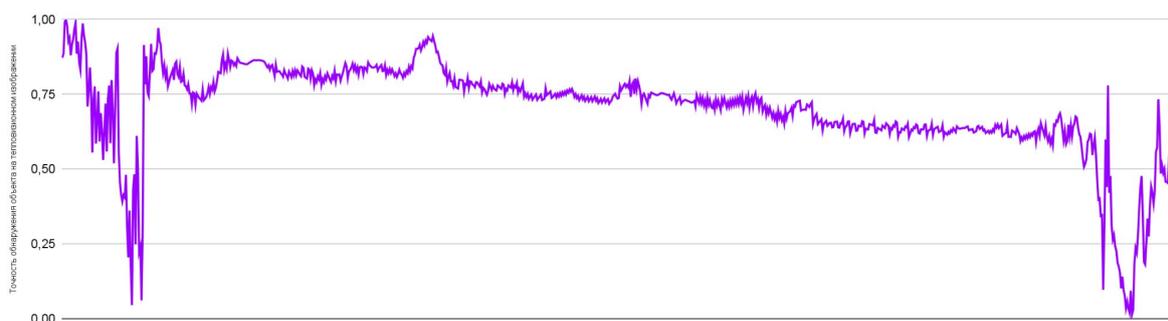


Рисунок 4 – График, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на тепловизионном снимке

Таким образом, цветные и тепловизионные изображения имеют много общего. У каждого из них есть варианты, в которых они предоставляют больше полезной информации в сравнении с конкурентом. Несмотря на некоторые различия между ними, не существует фундаментальных отличий в алгоритмах обработки, в том числе обнаружения объектов. Однако, как показывает эксперимент, не целесообразно применение алгоритмов, разработанных для цветных изображений, к обработке данных, полученных с тепловизионных сенсоров. При использовании монохромных источников данных следует применять алгоритмы на основе нейронных сетей, которые проще в адаптации, потому что они требуют лишь изменения коэффициентов (весов), а не разработки алгоритма целиком.

Список литературы

1. Тепловизионный модуль FLIR Tau2: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.aplinter.com/wp-content/uploads/2020/09/01-flir-tau-2-Datasheet.pdf>. – Дата доступа: 04.10.2023.
2. Тепловизионный модуль FLIR BlackFly: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hexagondownloads.blob.core.windows.net/public/AutonomousStuff/wp-content/uploads/2019/05/Blackfly-GE-datasheet-whitelabel.pdf> – Дата доступа: 04.10.2023.
3. FLIR Thermal Images Dataset: [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://www.kaggle.com/datasets/deepnewbie/flir-thermal-images-dataset>. – Дата доступа: 17.10.2023.