

# ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

Сергеенко А.В., Липлянин А.Ю.

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

Abstract. These theses present the tools for studying detection algorithms in the optical range. The toolkit is designed to train specialists in the field of working with optical systems, namely, to study the operation of detection algorithms in various conditions.

Обработка изображений – класс задач обработки информации, представленной в виде изображений, включающий в себя распознавание образов и объектов, восстановление изображений, фильтрацию, оценку параметров изображения, сжатие изображений и др. Для решения данных задач широкое распространение получили оптико-электронные системы обработки изображений, включающие в себя вычислительный комплекс, оптические средства и программное обеспечение.

На сегодняшний день подобные системы нашли применение во многих сферах жизнедеятельности, например, в военном деле для ведения разведки, обнаружения наземных, морских и воздушных целей, наведения высокоточного оружия, организации охраны государственных границ, в медицине для обработки рентгеновских снимков и МРТ-изображений, в охране общественного порядка, контроле за лесными массивами, зондирования Земли, других космических объектов и др [1].

Внешний вид некоторых современных оптико-электронных систем представлен на рисунке 1.

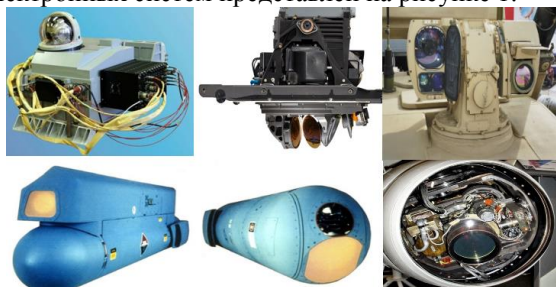


Рисунок 1 – Внешний вид современных оптико-электронных систем

Из всего разнообразия задач, возлагаемых на оптико-электронные системы обработки изображений, одной из наиболее активно развивающихся, но при этом наиболее трудоемких и сложных с научной точки зрения является задача обнаружения объектов.

При использовании оптико-электронных систем обнаружения объектов на изображении актуальной проблемой является правильный выбор алгоритма обнаружения. Это обусловлено тем, что на данный момент из всего разнообразия существующих алгоритмов обнаружения нельзя выделить один универсальный подходящий под любые условия работы системы. Неверный выбор алгоритма влечёт за собой снижение эффективности работы всей системы в целом, и, соответственно, невыполнение задач, стоящих перед данной системой.

Таким образом, оператору необходимо грамотно определять какой именно алгоритм применять в

зависимости от условий работы системы, наличия априорной информации об объекте интереса, помеховой обстановки и др.

Для качественной подготовки операторов оптико-электронных систем был разработан специальный исследовательский инструментарий.

Инструментарий написан на языке C++ с широким использованием библиотеки OpenCV. OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым исходным кодом.

Для гибкого изменения модели генерируемой видеопоследовательности, добавления новых алгоритмов и изменения методики оценки результатов работы алгоритмов обнаружения была реализована возможность дополнительного подключения к инструментарию сторонних dll-библиотек (Dynamic Link Library – *англ.*, библиотека динамической компоновки).

В качестве среды разработки была выбрана Microsoft Visual Studio – линейка продуктов компании Microsoft, включающих интегрированную среду разработки программного обеспечения и ряд других инструментальных средств.

Инструментарий включает в себя графический интерфейс, блок генерации моделируемой видеопоследовательности, набор реализованных алгоритмов обнаружения, а также блок оценки результатов работы алгоритмов обнаружения. Кроме того, реализована возможность гибкого изменения математической модели генерируемых кадров видеопоследовательности, добавления новых алгоритмов обнаружения и изменения параметров, позволяющих оценить результаты работы алгоритмов.

Необходимость моделирования видеопоследовательностей обусловлена тем, что при проведении анализа работы алгоритмов обнаружения зачастую невозможно или непрактично создавать экспериментальные условия, при которых требуется провести измерение результатов, ввиду существенных материальных затрат.

В качестве встроенной модели видеопоследовательности в инструментарии используется одномерная гауссова плотность распределения вероятности с заданными средним значением и дисперсией. Искомые объекты в данной модели представляют собой прямоугольники с постоянным значением яркости. Яркость каждого объекта определяется в соответствии с формулой (1):

$$\begin{cases} b = m * snr \text{ contrast} = \text{positive} \\ b = m / snr \text{ contrast} = \text{negative} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $b$  – яркость искомого объекта,  $m$  – среднее значение

гауссовой плотности вероятности,  $snr$  – отношение сигнал/шум для искомого объекта.

Т.е. яркость искомого объекта определяется как произведение среднего значения гауссовой плотности вероятности фона и отношения сигнал/шум для случая, когда контраст положительный и отношение этих же величин для случая, когда контраст отрицательный.

В инструментарии по умолчанию для оценки качества работы алгоритмов обнаружения используется две группы параметров – группа оценки правильности определения факта наличия или отсутствия цели в кадре и группа оценки правильности определения положения объекта в кадре.

Для оценки первой группы используются следующие метрики качества [2]:

– точность (precision,  $P$ ) – отношение верно детектированных объектов к общему числу детектированных объектов, определяется по формуле (2):

$$P = \frac{tp}{tp + fp}, \quad (2)$$

где  $tp$  – количество верно детектированных объектов,  $fp$  – количество объектов которые не должны детектироваться, однако детектируются.

– полнота (recall,  $R$ ) – отношение верно детектированных объектов к общему числу объектов, которые должны быть детектированы, определяется по формуле (3):

$$R = \frac{tp}{tp + fn}, \quad (3)$$

где  $fn$  – количество объектов которые должны детектироваться, однако не детектируются.

Точность и полнота характеризуют разные стороны качества классификации. Так чем выше точность, тем меньше ложных срабатываний, а чем выше полнота, тем меньше ложных пропусков.

Для оценки второй группы параметров используются координаты настоящих и предсказанных (предполагаемых, обнаруженных) ограничивающих прямоугольников. На основе этих данных рассчитываются следующие параметры:

– пересечение над объединением определяется как отношение площади истинного прямоугольника, ограничивающего объект к площади прямоугольника, предсказанного алгоритмом, [3] определяется по формуле (4):

$$IoU = \frac{S_{tbb}}{S_{pbb}}, \quad (4)$$

где  $S_{tbb}$  – площадь истинного ограничивающего прямоугольника (true bounding box,  $tbb$ ) для целевого объекта,  $S_{pbb}$  – площадь предсказанного ограничивающего прямоугольника (predict bounding box,  $pbb$ ) для целевого объекта

– ошибки определения координат центра – модуль разности координат центра настоящего и предсказанного ограничивающих прямоугольников [3]

определяется по формуле (5):

$$\sigma_x = \sqrt{(x_0 - \tilde{x})^2} \quad (5)$$

для координаты  $x$  и по формуле (6)

$$\sigma_y = \sqrt{(y_0 - \tilde{y})^2} \quad (6)$$

для координаты  $y$ .

В формулах (5) и (6)

$x_0, y_0$  – координаты  $x$  и  $y$  центра настоящего прямоугольника ограничивающего целевой объект;

$\tilde{x}, \tilde{y}$  – координаты  $x$  и  $y$  центра предсказанного алгоритмом прямоугольника ограничивающего целевой объект.

Реализованный инструментарий позволяет:

– проводить оценку работы алгоритмов обнаружения в различных условиях, как на смоделированной, так и на реальной выборке данных;

– производить настройку параметров алгоритмов обнаружения до начала работы и в процессе их работы;

– получать количественные и качественные оценки работы каждого алгоритма;

– динамически добавлять новые алгоритмы обнаружения, параметры оценки качества работы алгоритмов обнаружения, а также математические модели построения кадров видеопоследовательности;

– производить разметку тестовых видеопоследовательностей, т.е. производить выделение областей в кадре где находятся искомые объекты;

– комбинировать различные математические модели построения кадров видеопоследовательности с различными алгоритмами обнаружения;

– проводить сравнительные исследования алгоритмов обнаружения;

– определять наиболее эффективные алгоритмы для работы в заданных условиях;

Таким образом, разработанный универсальный инструментарий может применяться для обучения специалистов в области работы с оптико-электронными системами с целью дать им практические навыки по использованию современных и перспективных алгоритмов обнаружения. Инструментарий даёт возможность изучить работу различных алгоритмов обнаружения в разных условиях функционирования. Что в дальнейшем позволит специалисту грамотно определять какие алгоритмы необходимо применять в заданных условиях работы.

### Литература

1. Gonsales R., Vuds R., Eddins S. Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MatLab. М.: TEKHNOFERA, 2006. – 616 с.
2. Сергеев В.В., Гашников М.В, Мясников В.В. Обнаружение объектов на изображении. – Смара, 2010. – 23 с.
3. Никитина А.В. Исследование и разработка алгоритмов обнаружения с подвижной платформы окружающих объектов. Санкт-Петербург, 2017. – 93 с.