

Разметка крупноформатных аэрокосмических изображений и подготовка обучающих выборок для нейронных сетей

Д.А. Гаврилов, email: gavrilov.da@mipt.ru^{1,2}

Д.А. Ловцов, email: dal-1206@mail.ru¹

1 ОАО «Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН»

^{1,2}Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В настоящей работе представлено программное обеспечение, предназначенное для разметки объектов на аэрокосмических изображениях видимого и инфракрасного спектра, создания базы образцов и подготовки обучающих выборок для решения задачи обнаружения и локализации объектов.

Ключевые слова: разметка обучающих выборок, обучение нейросетей, активное обучение.

Введение

Нейронные сети широко применяются для решения задач детектирования, локализации и классификации алгоритмом машинного зрения объектов интереса известного класса на изображениях произвольного размера. Качество обнаружения и локализации объектов с помощью сверточных нейронных сетей часто значительно превышает качество, обеспечиваемое классическими алгоритмами машинного зрения, например, такими, как корреляционные фильтры [1].

Одним из наиболее существенных недостатков алгоритмов машинного обучения является необходимость создания для их обучения и работы базы образцов изображений или обучающей выборки с обозначенными объектами интереса. Создание данных баз образцов обычно выполняется вручную человеком-оператором, что представляет трудоемкую задачу, требующую достаточно большой выборки изображений, содержащих объекты интереса, снятые в различных видах и ракурсах. [2]. В задачах распознавания подготовка обучающей базы изображений является достаточно трудоемким процессом, для выполнения которого предъявляются достаточно высокие требования к квалификации исполнителя. Как правило, разметка данных включает работу оператора с каждым отдельным изображением и заключается в выделении на нем области или точек интереса [3].

Сообществами исследователей создаются открытые базы образцов, содержащие миллионы разнообразных изображений. Примером такой базы может служить ImageNet [4]. Тем не менее, изображения, имеющиеся в свободном доступе, не содержат достаточного количества классов и ракурсов объектов интереса [5, 6], требуемых для решения поставленной задачи. Существуют решения, обеспечивающие автоматизацию процесса разметки изображений, их недостаткам можно отнести недостаточную точность разметки изображений.

Разработано программное обеспечение, предназначенное для автоматизации разметки объектов на аэрокосмических изображениях видимого и инфракрасного спектра, и создания базы образцов и подготовки обучающих выборок для решения задачи обнаружения и локализации объектов.

1. Работа программы

В качестве входных данных программа использует аэрокосмические изображения видимого и инфракрасного диапазонов спектра, в том числе крупноформатные. Программа позволяет осуществлять разметку следующих основных видов объектов:

- объекты техники (подвижные объекты);
- наземные объекты (неподвижные объекты).

Объекты техники разбиваются на типы. При этом каждый объект распознавания принадлежит одному типу. Программное обеспечение позволяет размечать до типа 50 наименований самолетов и 10 наименований сухопутной техники.

Для функционирования программы необходимо следующее системно-аппаратное обеспечение:

- операционная система: Linux Ubuntu.
- два монитора 21", со входом HDMI;
- процессор Intel Core i7 5930K, не хуже;
- не менее 4 видеокарт NVIDIA GeForce 1080Ti;
- не менее 64 ГБ оперативной памяти;
- не менее 200 ГБ доступного места на жестких дисках.

Основной функционал программы составляют следующие операции:

- поиск объектов интереса,
- просмотр изображения видимого или инфракрасного диапазона, измерение размеров объектов,
- разметка объектов интереса на изображениях с помощью специальных инструментов разметки,
- редактирование ранее выполненной разметки объектов,
- обозначение,

– маркировка объектов.

С помощью программы обеспечивается возможность в ручной, полностью автоматической или полуавтоматической разметки изображений. Как правило, основным режимом работы программы является полуавтоматический, когда оператор на первом этапе использует инструмент предварительной «грубой» разметки, в ходе которой программа осуществляет первичное обнаружение и классификацию объектов. На следующем этапе локализации и маркировка объектов могут быть исправлены оператором вручную с помощью инструментов редактирования. Порог отсечения настраивается в зависимости от требований оператора. Пример разметки наземных объектов представлен на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

На рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** показан вид данного документа с открытым списком стилей в Microsoft Word 2003.



Рис. 1. Пример разметки наземных объектов

Разметка объектов техники, имеющих сложную форму, включает процессы подготовки эталонных изображений и подгонки эталонов к тестовым изображениям [7]. Подготовка эталонных изображений состоит в построении контурного описания для всех типов объектов. Исходными данными для построения описания являются образцы объектов в виде растровых бинарных изображений хорошего качества. В результате обработки этих изображений система формирует контурные описания объектов в формате многоугольных фигур. Векторные

описания контуров объектов являются эталонными (шаблонами) и используются в дальнейшем для разметки аэрокосмических снимков.

Подгонка эталонов к тестовым изображениям осуществляется оператором путем наложения векторного описания эталона на аэрокосмический снимок и преобразования контура с целью совмещения его с объектом на снимке. Преобразования контура выполняются оператором с использованием инструментальных операций: сдвиг, поворот, масштабирование и растяжение-сжатие контура вдоль или поперек оси симметрии объекта.

Выходными данными для программы разметки являются сформированные векторные описания объектов в формате многоугольных фигур в виде бинарного изображения (эталонные образцы), размеченные и промаркированные аэрокосмические снимки

2. Подготовка обучающих выборок

Для решения проблемы получения обучающей выборки достаточного объема для обучения нейросети, обладающей высокой точностью и устойчивостью к условиям съемки, реализовано искусственное расширение обучающей выборки с помощью синтезированных изображений объектов интереса.

Режим генерации изображений предназначен для обеспечения увеличения объема имеющейся выборки. Расширение обучающей выборки обеспечивается методом аугментации реальных изображений с помощью вырезания объектов с дальнейшим наложением их на изображение фона со случайным поворотом, случайным зеркальным отражением или случайным масштабированием в заданных пределах. На кадрах аэрофотосъемки, в отличие от изображений, снятых с поверхности земли, ориентация объектов может быть произвольной в пределах от 0 до 360 градусов.

Аугментация данных — прием, используемый для создания дополнительных обучающих данных на основе имеющихся данных. Данный метод позволяет увеличить исходный обучающий набор, содержащий ограниченное количество изображений.

Наиболее распространенными вариантами аугментации являются:

- отражение по горизонтали,
- случайное кадрирование,
- изменение цвета.

Могут применяться различные комбинации, например, одновременно выполняется поворот и случайное масштабирование. Кроме того, можно изменять величину насыщенности и значения всех пикселей (компоненты S и V цветового пространства HSV), например, возведением данных компонент в степень в интервале от 0,25 до 4,

умножением их на коэффициент в интервале от 0,7 до 1,4, или прибавлением к ним величины из интервала от 0,1 до 0,1. Аналогичные преобразования можно применять к фрагментам изображений.

Кроме аугментации для расширения имеющейся выборки используются искусственно синтезированные изображения, созданные с помощью специального генератора изображений. Включение в обучающие выборки синтезированных изображений является распространенным приемом, применяемым при отсутствии достаточного количества данных или для редко встречающихся классов объектов. Получение синтетических данных осуществлялось с помощью симулятора виртуальной среды Unity3D, предоставляющего множество функциональных возможностей. Для синтеза изображений использовался снимок фона, на который случайным образом накладывалась модель объекта интереса (рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, рис. 3).

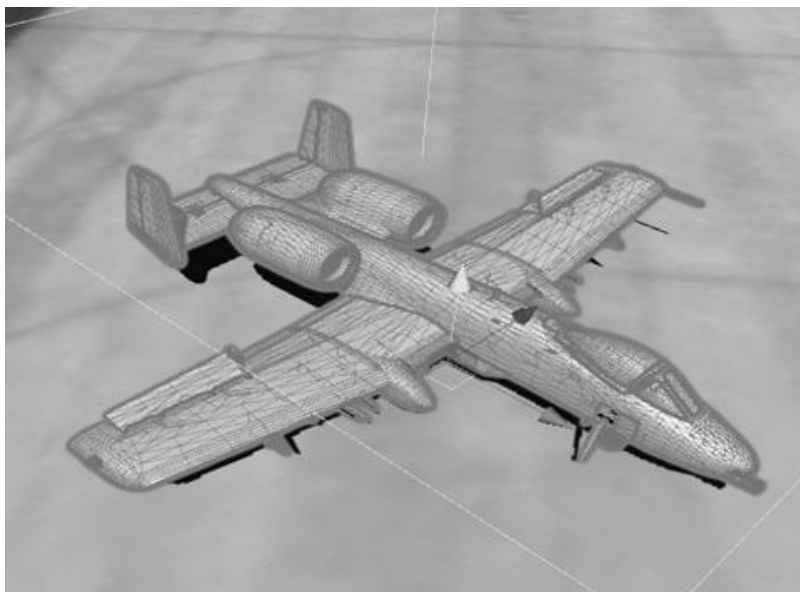


Рис. 2. Формирование синтетического изображения

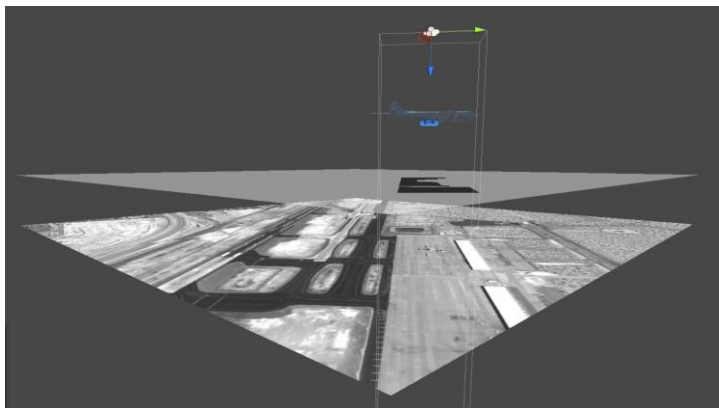


Рис. 3. Наложение синтетического изображения на снимок фона
Комбинированные снимки представлены на рис. 4.



Рис. 4. Комбинирование реальных и синтезированных изображений

3. Оценка качества разметки данных

Исследования разработанного программного обеспечения проведены при создании экспертной разметки валидационной выборки для алгоритмов дешифрирования видовой аэрокосмической информации [8]. Сравнивалось суммарное количество объектов,

обнаруженных программой и операторами-экспертами. В разметке изображений принимали участие три эксперта. Результаты по обнаружению объектов представлены в таблице.

Таблица

Результаты разметки

Исполнитель	Количество обнаруженных объектов
Операторы	2412
Программное обеспечение разметки	12370

Как видно из данных, представленных в таблице, программное обеспечение позволяет обнаружить более чем в 5 раз больше объектов интереса на крупноформатных аэрокосмических изображениях. Проведенные испытания показали, что доля ошибки установки центра объекта не превышает 10% общего числа объектов, доля ошибки, при которой центры объектов отмечены несколько раз не превышает 5% общего числа объектов. Дальнейшая работа в полуавтоматическом режиме позволяет оператору уточнить локализацию и маркировку объектов, и значительно облегчает и улучшает качество подготовки обучающих выборок для обучения алгоритмов обнаружения и классификации.

Заключение

Представлено программное обеспечение, предназначенное для разметки объектов на аэрокосмических изображениях видимого и инфракрасного спектра, и создания базы образцов и подготовки обучающих выборок для решения задачи обнаружения и локализации объектов. Основной функционал программы составляют операции поиска объектов интереса, просмотр изображения, измерение размеров объектов, разметка объектов интереса на изображениях с помощью специальных инструментов разметки, редактирование ранее выполненной разметки объектов, обозначение и маркировка объектов. Программа разметки позволяет осуществлять работу в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах. Работа в полуавтоматическом режиме позволяет оператору уточнить локализацию и маркировку объектов, и значительно облегчает и улучшает качество подготовки обучающих выборок для обучения алгоритмов обнаружения и классификации.

Список литературы

1. Малыгина, Г.Ф. Элементы статистической концепции бучения нейронной сети и прогнозирование ее функционирования / Г.Ф. Малыгина, А.В Меркушева // Научное приборостроение. – Москва, 2005. – №1. – С. 29-44.
2. Dvornik, N. On the Importance of Visual Context for Data Augmentation in Scene Understanding / N. Dvornik, J. Mairal, C. Schmid // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2019. – С. 1-15.
3. Гилязов, Р.А. Активное обучение и краудсорсинг: обзор методов оптимизации разметки данных / Р.А. Гилязов, Д.Ю. Турдаков // Труды Института системного программирования РАН. – 2018. – № 2. – С. 215-250.
4. ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition (ILSVRC) [Электронный ресурс]: база изображений. – Режим доступа: <http://www.image-net.org/challenges/LSVRC/>
5. Amazon SageMaker [Электронный ресурс]: база изображений. – Режим доступа: <https://handl.ai/Handl>
6. Google Data Labeling [Электронный ресурс]: база изображений. – Режим доступа: <https://cloud.google.com/datalabeling/docs/>
7. Гаврилов, Д.А. Метод разметки изображений самолетов на аэрокосмических снимках на основе непрерывных морфологически моделей / Д.А. Гаврилов, Л.М. Местецкий, А.Б. Семенов // Программирование. – 2019. – № 6. – С. 3-12.
8. Гаврилов, Д.А. Программно-аппаратный комплекс тестирования алгоритмов детектирования и локализации объектов в видеопоследовательностях / Д.А. Гаврилов// Научное приборостроение. – 2019. – № 1. – С. 21-28.