

УДК 618

РЕГИСТРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЪЕКТОВ SATDET ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Саечников И.В., Скакун В.В., Чернявская Э.А.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе описана регистрационная система объектов *SatDet* для семантического анализа спутниковых снимков. Система была обучена и протестирована на наборах спутниковых снимков *DIOR* и *XView*, и показала эффективность в решении прикладных задач анализа данных дистанционного зондирования.

Ключевые слова: глубокое обучение, регистрационная система, семантический анализ, спутниковые снимки, динамические объекты.

SATDET OBJECT REGISTRATION SYSTEM FOR SEMANTIC ANALYSIS OF SATELLITE IMAGES

Saetchnikov I., Skakun V., Tcherniavskaia E.

Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper describes the *SatDet* object registration system for semantic analysis of satellite images. The system has been trained and tested on *DIOR* and *XView* satellite image sets and has shown its efficiency in solving applied tasks of remote sensing data analysis.

Key words: deep learning, registration system, semantic analysis, satellite images, dynamic objects.

Адрес для переписки: Саечников И.В., пр. Независимости, 4, г. Минск, 220030, Республика Беларусь
e-mail: saetchnikovivan@gmail.com

Актуальность. Задача обнаружения и регистрации объектов стала крайне важной в последние годы благодаря широкому спектру ее применений в таких сферах, как биомедицина, робототехника, космические технологии, беспилотный транспорт и т. д. [1]. Эти задачи являются основой для решения более сложных проблем в области компьютерного зрения, таких как сопровождение целей и сегментация изображений. [2] Ранее использовавшиеся традиционные методы, такие как детектор Виолы-Джонса и гистограмма ориентированных градиентов (HOG), основывались на ручном определении признаков. [3; 4] Однако эти методы были характеризованы низкой скоростью обработки, ограниченной точностью и неэффективностью при работе с новыми наборами данных, особенно в регистрации небольших объектов (плотности менее 30×30 пикселей) [5]. В настоящее время сверточные нейронные сети стали ключевым инструментом для семантического анализа изображений, включая обнаружение и регистрацию объектов на аэрокосмических снимках [6–8].

В [9] была предложена сверточная сеть *RCNN* для анализа данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Методы *ReDet* [10], *Oriented Bounding Boxes* [11] и *Box Boundary-Aware Vectors* [12] улучшали задачу регистрации и идентификации объектов на аэрокосмических снимках за счет поворота кадра предсказания и поворота детектора. Одна из серий сети *YOLO*, *TPH-YOLOv5* [13] за счет включения слоев обнаружения целей и использования *transformer prediction head* и *CBAM*

attention module улучшала регистрационную эффективность объектов на картах ДДЗ, что повышала эффективность обнаружения системой целей малого размера, однако пропускала объекты на изображениях с высокой разряженностью. Частично эту проблему решила *YOLO-Z* [14]: замена *PAFPN* на *Bi-FPN* и расширение слоя Neck обеспечило хорошее слияние мелких и средних признаков, но не было применимо сценариям с большой вариационностью размеров объектов.

Результаты. Для решения упомянутых задач, данная работа представляет оптимизированную систему регистрации для анализа объектов на спутниковых снимках с использованием *SatDet*, основанной на архитектуре *YOLOv7*.

В качестве основы для обучения использовались два датасета: *DIOR* и *xView* [15]. Из исходного набора данных *DIOR*, который включал 23 463 изображения размером 800×800 пикселей, содержащих в общей сложности 190 288 экземпляров объектов, в итоге были выбраны 3 класса: самолет, корабль и транспортное средство. В случае датасета *xView 1*, содержащего более 1 миллиона экземпляров объектов, полученных со спутников *DigitalGlobe* и *WorldView 3*, были выбраны одни из наиболее распространенных 5 классов: маленький автомобиль, грузовик, прицеп, грузовой грузовик, моторная лодка. На выходе был создан датасет из 2300 изображений, из которых формировались кадры для последующего использования в системе с разрешением 640×640 с использованием метода *Slicing Aided Hyper Inference*. В качестве методов аугментации использовались *Mosaic Augmentation* и *Random*

Shear Data Augmentation и *Random Blur Data Augmentation*. [16] В качестве оптимизатора был использован *Adam* со следующими параметрами: количество эпох (*epochs*) – 80, размер пакета (*batch*) – 32, терпимость (*patience*) – 50, коэффициент β_1 – 0,914, и весовое уменьшение (*weight decay*) – 0,0005.

Разработанная система регистрации была протестирована на обоих наборах данных спутниковых снимков, *DIOR* и *XView*. Эффективность детектирования варьировалась в соответствии с метрикой *AP* по классам для набора данных *DIOR*, где были получены следующие значения: 72,1 % для класса «самолет» (*airplane*), 87,6 % для класса «корабль» (*ship*), и 68,3 % для класса «транспортное средство» (*vehicle*), с усредненным по классам *mAP* 76 %. В случае набора данных *XView*, значения метрики *AP* по классам варьировались от 54,2 % для класса «грузовик» (*cargo truck*) до 61,6 % для класса «прицеп» (*trailer*), с усредненным *mAP* 59,5 %. Примеры детектирования объектов системой *SatDet* представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Пример регистрации объектов системой *SatDet*

Стоит отметить, что представленная регистрационная система может быть включена в системы отслеживания объектов на основе данных дистанционного зондирования, в том числе с таких носителей как беспилотные летательные аппараты, планеры и т. д. [17].

Литература

- Goswami, P.K. A Comprehensive Review on Real Time Object Detection using Deep Learning Model / P.K. Goswami, G. Goswami // 11th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART). – 2022. – P. 1499–1502.
- Saetchnikov, I. Pattern recognition on aerospace images using deep neural networks / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE 7th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace). – 2022. – P. 336–340.
- Kalal, Z. Tracking-Learning-Detection / Z. Kalal, K. Mikolajczyk, J. Matas // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Vol. 34, № 7. – P. 1409–1422.
- Wojke, N. Simple online and realtime tracking with a deep association metric / N. Wojke, A. Bewley, D. Paulus // IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). – 2017. – P. 3645–3649.
- Buch, N.A Review of Computer Vision Techniques for the Analysis of Urban Traffic / N. Buch, S.A. Velastin, J. Orwell // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – Vol. 12, № 3. – P. 920–939.
- Saetchnikov, I. Deep Neural Network-Based Dynamical Object Recognition and Robust Multiobject Tracking Technique for Onboard Unmanned Aerial Vehicle's Computer Vision-Based Systems / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems. – Vol. 4, № 3. – P. 250–256.
- Saetchnikov, I. Robust S-Y-biLSTM object tracking method for on-road objects shoot from an unmanned aerial vehicle / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE 9th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace). – 2022. – P. 270–274.
- Saetchnikov, I. Efficient objects tracking from an unmanned aerial vehicle / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE 8th International Workshop on Metrology for AeroSpace. – 2021. – P. 221–225.
- RCNN for small object detection on remote sensing images / W. Zhang [et al.] // Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. – P. 2483–2486.
- A rotationequivariant detector for aerial object detection / J. Han [et al.] // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 20–25 June 2021. – P. 2785–2794.
- Zand, M. Oriented bounding boxes for small and freely rotated objects / M. Zand, A. Etemad, M. Greenspan // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. – 2022. – Vol. 60. – P. 1–15.
- Anchor-free arbitrary oriented object detector using box boundary-aware vectors / D. Yu [et al.] // IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. – 2022. – Vol. 15. – P. 2535–2545.
- TPH-YOLOv5: Improved YOLOv5 based on transformer prediction head for object detection on drone-captured scenarios / X.K. Zhu [et al.] // Proceedings of the 2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops. – P. 2778–2788.
- YOLO-Z: Improving Small Object Detection in YOLOv5 for Autonomous Vehicles / A. Ben-jumea [et al.]. – 2022.
- Object recognition datasets and challenges: A review / A. Salari [et al.] // Neurocomputing. – 2022. – Vol. 495. – P. 129–152.
- Saetchnikov, I. Object Detection for Unmanned Aerial Vehicle Camera via Convolutional Neural Networks / I. Saetchnikov, E. Tcherniavskaia, V. Skakun // IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems. – 2021. – Vol. 2, № 2. – P. 98–103.
- Saetchnikov, I. biLSCCS: modular dynamical on-road objects trajectory prediction approach / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // 2023 IEEE 10th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace). – 2023. – P. 131–135.