

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Куприянова Д.В., аспирант

Фролов И.И., канд. техн. наук, доцент кафедры ЭВМ

Перцев Д.Ю., канд. техн. наук, доцент кафедры ЭВМ

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

Фролов И.И. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Обобщены сведения по способам классификации спутниковых изображений, сделан их сравнительный анализ для последующего практического применения.

Ключевые слова. Спутниковые снимки, алгоритмы классификации объектов.

Введение.

Системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) нашли широкое применение в различных областях жизнедеятельности человека:

- картография;
- метеорология;
- сельское хозяйство и другие.

Одной из проблем применения систем ДЗЗ является создание программного обеспечения, которое принимая на вход необработанные данные, автоматически выявляет кластеры объектов, затем их классифицирует и, в соответствии с решаемой задачей, «принимает» решение, что делать дальше (например, программное обеспечение фиксирует постоянное уменьшение лесного массива и, соответственно, об этом необходимо уведомить пользователя).

Алгоритмы классификации объектов на данных ДЗЗ

Несмотря на множество использующих сенсоров с различными техническими характеристиками, фиксируемой спектральной областью, подходы к классификации объектов в большинстве случаев сводится к применению одного из следующих методов [1] (рисунок 1):

- методы на основе сопоставления с шаблоном (англ., template matching-based methods) [2-9];
- методы, основанные на знаниях (англ., knowledge-based methods) [10-12];
- анализ изображений на основе объектов (англ., OBIA-based methods) [13-15];
- методы на основе машинного обучения (англ., machine learning-based methods), в т.ч. методы на основе глубоких нейронных сетей (англ., deep-learning neural network methods) [16-23].

Методы на основе сопоставления с шаблоном являются одним из простейших и старых методов, включающих два шага:

- создание шаблона для каждого объекта, который необходимо распознать;
- оценка схожести шаблона с изображением с учетом всех возможных аффинных преобразований. Чаще всего в качестве оценки схожести упоминаются следующие метрики: сумма абсолютных разностей (SAD), сумма квадратов разностей (SSD), нормализованная взаимная корреляция (NCC) и евклидово расстояние (ED).

Методы, основанные на знаниях. Основной сложностью является формирование знаний и правил об объекте, в соответствии с которыми в дальнейшем будет определяться, о каком объекте идет речь. В целом, анализ статей показывает 2 основных подхода к формированию знаний:

- знания о геометрической форме и радиометрических свойствах;
- знания о контексте (например, отбрасывание тени от высоких объектов).

Анализ изображений на основе объектов – один из подходов, разработанный для преодоления ограничений подходов, основанных на анализе классических изображений, и применении знаний о спектральной, текстурной и контекстной информации (объектах).

Развитие *методов машинного обучения* и, особенно, развитие классификаторов и способов представления признаков привело к существенному прогрессу в области детекции объектов на спутниковых снимках.

Методы на основе глубоких нейронных сетей нашли широкое применение при обработке естественных фотографий и видеопотока и являются одними из наиболее перспективных. Однако

существенной проблемой в данной области является найти качественно подготовленный достаточно большой тестовый набор для обучения глубокой нейронной сети.

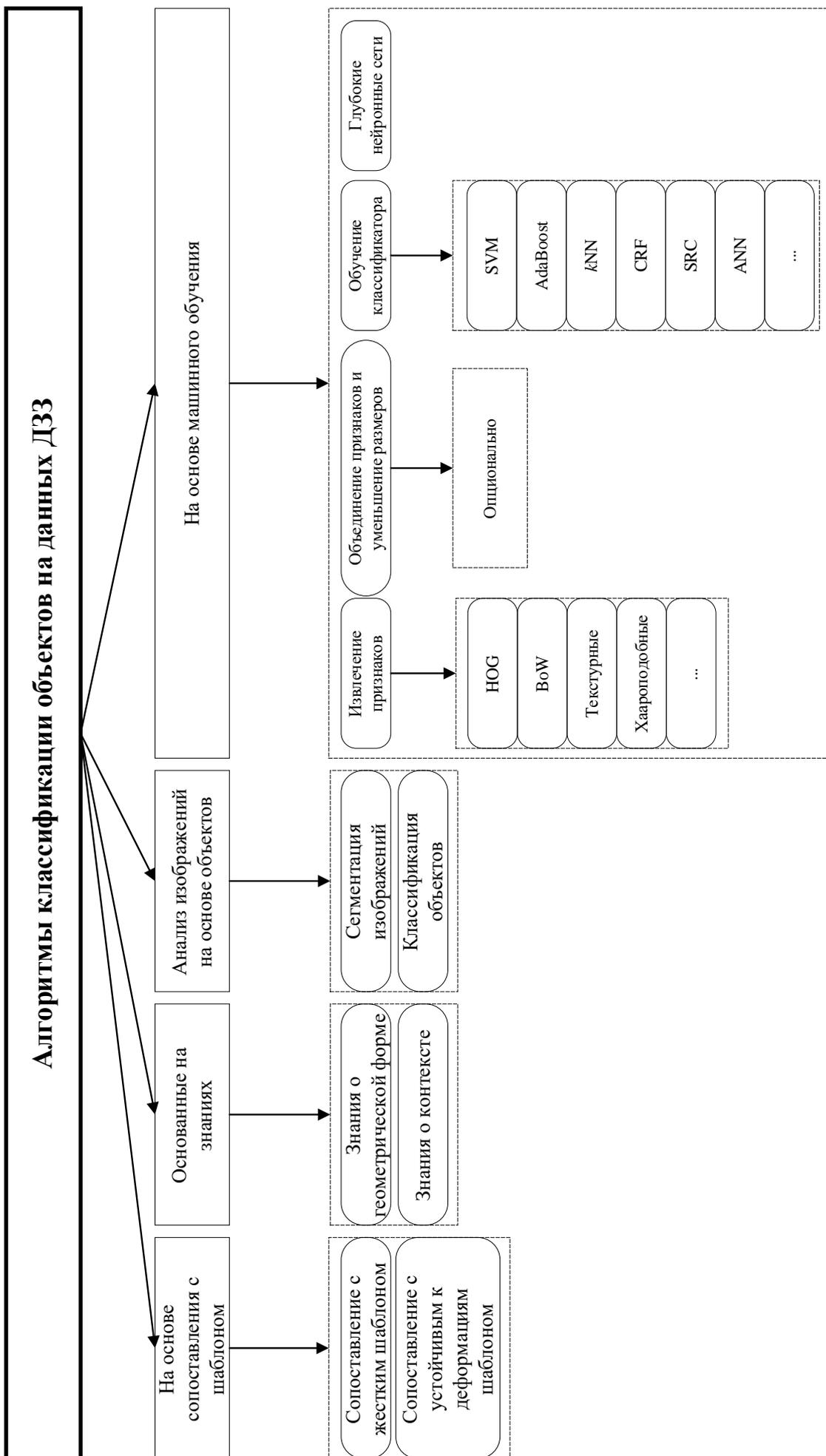


Рисунок 1 – Алгоритмы классификации объектов на данных ДЗЗ

Заключение

Рассмотрены и классифицированы разные подходы к определению и классификации объектов на спутниковых снимках Земной поверхности, выявлены их достоинства и недостатки. На основе полученных сведений можно сделать вывод, что подходы с применением алгоритмов машинного обучения, а также глубокие нейронные сети несмотря на некоторые недостатки по состоянию на 2021 год являются наиболее перспективными для последующего применения на практике.

Список использованных источников:

1. Cheng, G. A survey on object detection in optical remote sensing images / G. Cheng, Junwei Han // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2016. – Volume 117. – P.11-28.
2. Stankov, K. Detection of Buildings in Multispectral Very High Spatial Resolution Images Using the Percentage Occupancy Hit-or-Miss Transform / K. Stankov, Dong-Chen He // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2014. – Volume 7. – Issue 10. – P. 4069 - 4080. DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2308301.
3. Weber, J. Spatial and spectral morphological template matching / J. Weber, S. Lefèvreb // *Image and Vision Computing*. – 2012. – Volume 30. – Issue 12. – P. 934-945.
4. Chaudhuri, D. Semi-Automated Road Detection From High Resolution Satellite Images by Directional Morphological Enhancement and Segmentation Techniques / Chaudhuri D., Kushwaha N., Samal A. // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2012. – Volume 5. – Issue 5. – P. 1538-1544.
5. Lin, Y. Rotation-invariant object detection in remote sensing images based on radial-gradient angle / Lin, Y., He, H., Yin, Z., Chen, F. // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. – 2015. – Volume 12. – Issue 4. – P. 746-750.
6. Liu, G. Interactive geospatial object extraction in high resolution remote sensing images using shape-based global minimization active contour model / Liu, G., Sun, X., Fu, K., Wang, H. // *Pattern Recognition Letters*. – 2013. – Volume 34. – Issue 10. – P.1186-1195.
7. Tao, C. Airport detection from large IKONOS images using clustered SIFT keypoints and region information / Tao, C., Tan, Y., Cai, H., Tian, J. // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. – 2011. – Volume 8. – Issue 1. – P.128-132.
8. Leninisha, S. Water flow based geometric active deformable model for road network / Leninisha, S., Vani, K. // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2015. – Volume 102. – P.140-147.
9. Weidner, U. Towards automatic building extraction from high-resolution digital elevation models / Weidner, U., Förstner, W. // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 1995. – Volume 50. – Issue 4. – P.38-49.
10. Ok, A.O. Automated detection of arbitrarily shaped buildings in complex environments from monocular VHR optical satellite imagery / Ok, A.O., Senaras, C., Yuksel, B. // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2013. – Volume 51. – Issue 3. – P.1701-1717.
11. Akçay, H.G. Building detection using directional spatial constraints / Akçay, H.G., Aksoy, S. // *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. – 2010. – P.1932-1935.
12. Contreras, D. Monitoring recovery after earthquakes through the integration of remote sensing, GIS, and ground observations: the case of L'Aquila (Italy) / Contreras, D., Blaschke, T., Tiede, D., Jilge, M. // *Cartography and Geographic Information Science*. – 2016. – Volume 43. – Issue 2. – P.115-133.
13. Hussain, M. Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches / Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., Stanley, D. // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2013. – Volume 80. – P.91-106.
14. Li, X. Identification of forested landslides using LiDAR data, object-based image analysis, and machine learning algorithms / Li, X., Cheng, X., Chen, W., Chen, G., Liu, S. // *Remote Sensing*. – Volume 7. – Issue 8. – P.9705-9726.
15. Liu, L. Airplane detection based on rotation invariant and sparse coding in remote sensing images / Liu, L., Shi, Z. // *Optik*. – 2014. – Volume 125. – Issue 18. – P.5327-5333.
16. Li, E. Robust Rooftop Extraction From Visible Band Images Using Higher Order CRF / Li, E., Femiani, J., Xu, S., Zhang, X., Wonka, P. // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2015. – Volume 53, Issue 8. – P.4483-4495.
17. Yao, X. A coarse-to-fine model for airport detection from remote sensing images using target-oriented visual saliency and CRF / Yao, X., Han, J., Guo, L., Bu, S., Liu, Z. // *Neurocomputing*. – 2015. – Volume 164. – P.162-172.
18. Zhang, W. A generic discriminative part-based model for geospatial object detection in optical remote sensing images / Zhang, W., Sun, X., Wang, H., Fu, K. // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2015. – Volume 99. – P.30-44.
19. Cheng, G. Learning Rotation-Invariant and Fisher Discriminative Convolutional Neural Networks for Object Detection / Cheng, G., Han, J., Zhou, P., Xu, D. // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 2019. – Volume 28. – Issue 1. – P.265-278.
20. Li, K. Rotation-Insensitive and Context-Augmented Object Detection in Remote Sensing Images / Li, K., Cheng, G., Bu, S., You, X. // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2018. – Volume 56. – Issue 4. – P.2337-2348.
21. Long, Y. Accurate Object Localization in Remote Sensing Images Based on Convolutional Neural Networks / Long, Y., Gong, Y., Xiao, Z., Liu, Q. // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2017. – Volume 55. – Issue 5. – P.2486-2498.
22. Tang, T. Vehicle Detection in Aerial Images Based on Region Convolutional Neural Networks and Hard Negative Example Mining / Tang, T., Zhou, S., Deng, Z., Zou, H., Lei, L. // *Sensors*. – Volume 17. – Issue 2. – P.336.
23. Li, K. Object detection in optical remote sensing images: A survey and a new benchmark / K.Li, [et. al.] // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2020. – Volume 159. – P.296-307.

UDC 004.932.2, 004.93'14

ANALYSIS OF OBJECT CLASSIFICATION ALGORITHMS OF REMOTE SENSING DATA

Kupryianava D.¹, Frolov I.¹, Pertsau D.¹

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics¹, Minsk, Republic of Belarus

Frolov I. – PhD in Technical Sciences

Annotation. The information of satellite images classification methods is generalized; their comparative analysis is made for subsequent practical application.

Keywords. Satellite images, Object classification algorithms.