

УДК 004.932.2, 004.93'14

## 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.

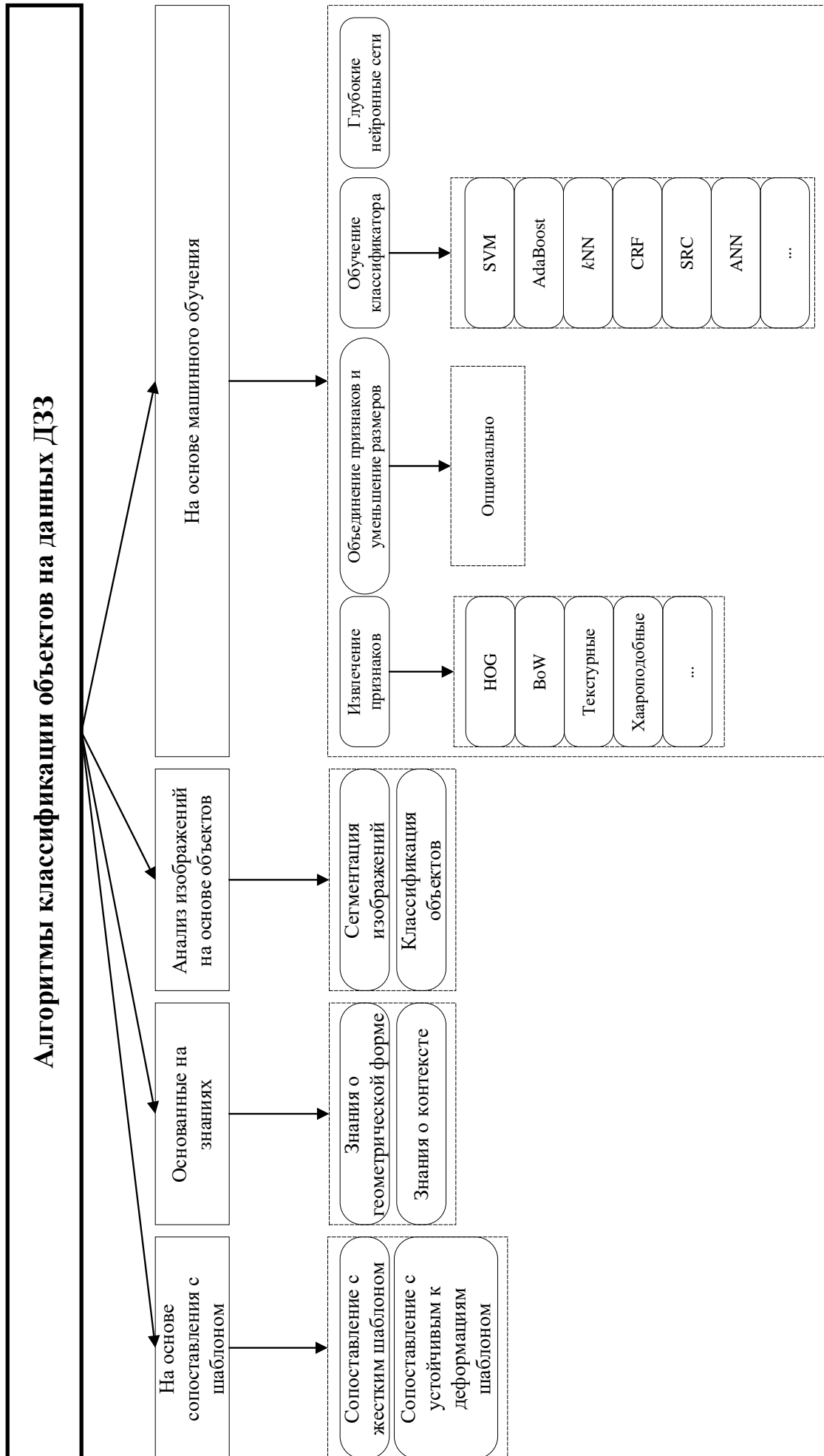


Рисунок 1 – Алгоритмы классификации объектов на данных ДЗЗ

## 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.<sup>1</sup>, Frolov I.<sup>1</sup>, Pertsau D.<sup>1</sup>

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics<sup>1</sup>, 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.