

## COMPARATIVE ESTIMATION OF EDGE DETECTION ALGORITHMS ON EARTH SATELLITE IMAGES

*Baliar V.B., Malashkin R.M., Mazurkiewicz O.F.*

*O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications,  
1 Kuznechna St., Odesa, 65029, Ukraine.  
[stopcucumber@gmail.com](mailto:stopcucumber@gmail.com), [balyar.vb@onat.edu.ua](mailto:balyar.vb@onat.edu.ua)*

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА АЛГОРИТМІВ ВИДІЛЕННЯ ГРАНИЦЬ НА СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ ЗЕМЛІ

*Баляр В.Б., Малашкін Р.М., Мазуркевич О.Ф.*

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.  
[stopcucumber@gmail.com](mailto:stopcucumber@gmail.com), [balyar.vb@onat.edu.ua](mailto:balyar.vb@onat.edu.ua)*

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЛГОРИТМОВ ВИДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЗЕМЛИ

*Баляр В.Б., Малашкін Р.М., Мазуркевич О.Ф.*

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.  
[stopcucumber@gmail.com](mailto:stopcucumber@gmail.com), [balyar.vb@onat.edu.ua](mailto:balyar.vb@onat.edu.ua)*

**Abstract.** Different digital applications often rely on methods which allow the definition of the edge of the objects in an image. The edge is expressed as a discontinuity of grayscale in the image and can have significant information about the objects in the image. Thus, edge detection can be useful for a wide variety of purposes such as object square calculation and object shape recognition in Earth-remote sensing (ERS), separating an object from the background in computer vision applications, military applications including target recognition and traffic analysis, and security applications including data encryption and watermarks. All of this requires significant edge detection accuracy, which is correlated with visual edge appearance. That was the reason to perform the comparative analysis for the different edge detection techniques for ERS images in particular. This study consists of two approaches for edge detection, specifically, the first and second derivative technique. Assessment of the edge detection methods is performed in terms of PSNR and SSIM metrics, which definitely are the widespread and reliable metrics for quality assessments purposes, in comparison with visually ideal appeared edge in each of the satellite image. Selected ERS images have different degrees of detailing, resolution and object shape. As a result, of the current study we can state that binary thresholds for edge detection should be chosen in accordance with a compromise between false detection and miss detections for every method. In particular, the second derivative method gives fewer missing edges, but for the same Roberts threshold it gives false edges. The first derivative method in turn is a more rough algorithm, which misses edges, especially with images of high detailing.

**Key words:** image edge detection, Canny Image Edge Detector, Roberts Image Edge Detector, LoG Image Edge Detector, Earth-remote sensing, PSNR for image luminance signal, SSIM for image luminance signal.

**Анотація.** Різноманітні цифрові застосування часто спираються на методи, які дозволяють визначити границю об'єктів на зображенні. Границю можна виразити у вигляді розриву градацій сірого на зображенні, і вона може мати значну інформацію про об'єкти на зображенні. Таким чином, виявлення границь може бути корисним для різноманітних цілей, таких як обчислення площі об'єкта та розпізнавання форми об'єкта в дистанційному зондуванні Землі (ДЗЗ), відокремлення об'єкта від фону у застосуваннях комп'ютерного зору, військові застосування, включаючи розпізнавання цілей та аналіз трафіка, програми безпеки, включаючи шифрування даних і водяні знаки. Все це вимагає значної точності визначення границі, яка корелює з візуальним сприйняттям границі. Це стало причиною

проведення порівняльного аналізу для різних методів визначення границь для зображень ДЗЗ. Це дослідження складається з двох підходів до виявлення границь, зокрема, методів першої і другої похідної. Оцінка методів виявлення границь, яка виражається PSNR і SSIM метриками, які безумовно є поширеними і надійними метриками для цілей оцінки якості порівняно з візуально ідеально сприйнятою границею у кожному супутниковому зображенні. Вибрані зображення ДЗЗ мають різний ступінь деталізації, роздільної здатності та форми об'єкта. В результаті поточного дослідження ми можемо констатувати, що бінарні пороги для виявлення границь слід вибирати відповідно до компромісу між хибними виявленими і невиявленими границями для кожного методу. Зокрема, метод другої похідної дає менше пропущених границь, але для того ж порога оператора Робертса він дає помилкові границі. Метод першої похідної, у свою чергу, є більш грубим алгоритмом, який пропускає границі, особливо на зображеннях високої деталізації.

**Ключові слова:** виявлення границь на зображенні, детектор границь на зображенні з використанням оператора Канні, детектор границь на зображенні з використанням оператора Робертса, детектор границь на зображенні з використанням оператора LoG, ДЗЗ, PSNR за сигналом яскравості зображення, SSIM за сигналом яскравості зображення.

**Аннотація.** Различные цифровые приложения часто опираются на методы, которые позволяют определить границы объектов на изображении. Границу можно выразить в виде разрыва градаций серого на изображении, и она может иметь значительную информацию об объектах на изображении. Таким образом, выявление границ может быть полезным для различных целей, таких как вычисления площади объекта и распознавания формы объекта в дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ), отделения объекта от фона в приложениях компьютерного зрения, военные приложения, включая распознавание целей и анализ трафика, программы безопасности, включая шифрование данных и водяные знаки. Все это требует значительной точности определения границы, которая коррелирует с визуальным восприятием границы. Это стало причиной проведения сравнительного анализа для различных методов определения границ для изображений ДЗЗ в частности. Это исследование состоит из двух подходов к выявлению границ, в частности, методов первой и второй производной. Оценка методов выявления границ, которая выражается PSNR и SSIM метриками, которые безусловно являются распространенными и надежными метриками для целей оценки качества, по сравнению с визуально идеально воспринимаемой границей в каждом спутниковом изображении. Выбранные изображения ДЗЗ имеют разную степень детализации, разрешения и формы объекта. В результате текущего исследования мы можем констатировать, что бинарные пороги для выявления границ следует выбирать в соответствии с компромиссом между ошибочным обнаружением и не выявленными границами для каждого метода. В частности, метод второй производной дает меньше пропущенных границ, но для того же порога оператора Робертса он дает ложные границы. Метод первой производной, в свою очередь, является более грубым алгоритмом, который пропускает границы, особенно с изображениями высокой детализации.

**Ключевые слова:** обнаружение границ на изображении, детектор границ на изображении с использованием оператора Канни, детектор границ на изображении с использованием оператора Робертса, детектор границ на изображении на базе алгоритма LoG, ДЗЗ, PSNR по сигналу яркости изображения, SSIM по сигналу яркости изображения.

Different digital applications often rely on methods which allow the definition of the edge of the objects in an image. The edge is expressed as a discontinuity of grayscale in the image and can have significant information about the objects in the image. Thus, edge detection can be useful for a wide variety of purposes as object square calculation and object shape recognition in Earth-remote sensing (ERS), separating an object from the background in computer vision applications, military applications including target recognition and traffic analysis, security applications including data encryption and watermarks. All of this requires significant edge detection accuracy which is correlated with visual edge appearance.

Previous studies [1] have shown that the most suitable methods in context of object extraction are Sobel, Canny, Prewitt, Roberts, Laplacian and Zero Crossing, but the assessment criteria that were used are not clear. The values of the threshold are given by itself and no objective

metrics evaluation was performed. On the other hand, [2] gives a quantitative comparison of detected edge, but the database used is one of artificial simple images of geometrical forms or simple nature forms, which are quite different from satellite images. There was a proposed method of edge detection and morphological operations of edge extraction from high resolution multispectral satellite imagery in [3], but no quantitative data were provided. References analysis shown that for improving efficiency of Remote Sensing systems based on Computer Vision / Automotive Image Recognition Systems, it is important to estimate the efficiency of the image edge detection algorithms based on Canny, LoG and Roberts operators with usage of objective image quality estimation metrics that are highly correlated with human vision. This is a main aim of this article.

There are several fundamental methods for extracting edge features from an image. One method uses first-order derivative gradients (for instance Roberts operator), which involves generation of gradients in two orthogonal directions or the diagonal edge gradients in an image (Fig. 1) [1].

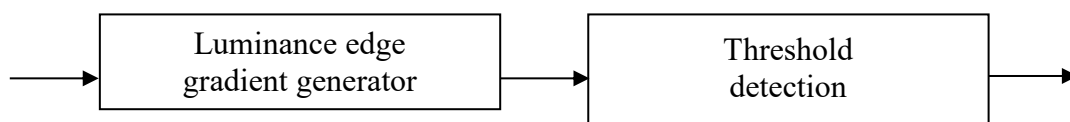


Figure 1 – Generalized block-scheme for first-order edge detection algorithm

The second one method uses second-order derivation method or Laplacian kernel (LoG) for marking the edge (Fig. 2) [1].

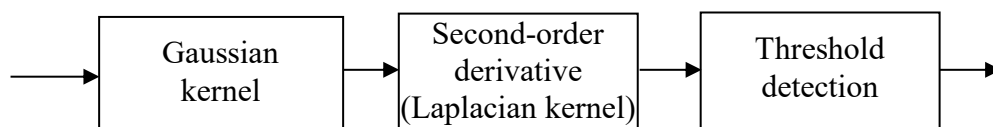


Figure 2 – Generalized block-scheme for second-order edge detection algorithm

There is also a multistage algorithm for detecting edges, which uses a Gaussian kernel combined with gradient for orthogonal and diagonal directions, which is known as Canny operator [Advances in Computer Vision and Information Technology].

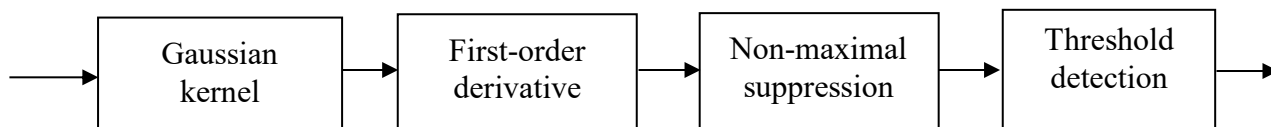


Figure 3 – Generalized block-scheme for multistage edge detection algorithm

The convolutional masks and theoretical details for Roberts and Laplacian kernel can be found in [1] and Canny convolutional masks are given in [2].

As seen from Fig. 1...3 despite convolutional masks, which implements filters with derivative features of first or second order, there is a threshold detector which influences the quality

of the edge. Thus, there should be an optimal threshold value when a compromise between missing edges and false edges are complied. In this work, we choose two types of metrics, PSNR and SSIM, which are widespread objective video and image quality assessment metrics. It is possible to use them for assessment the optimal threshold for different edge detection algorithms. PSNR metrics can be described by formula (1):

$$PSNR = 10 \log \left( \frac{\max(I)^2}{MSE} \right), \quad (1)$$

where MSE – is a mean square error (2):  $I$  – is a maximum value of an image pixel.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i, j) - I_{\hat{x}}(i, j))^2 \quad (2)$$

Similar structure similarity metrics is described by expression (3):

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x \mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}, \quad (3)$$

where  $\mu_x$  – average of  $x$ ;  $\mu_y$  – average of  $y$ ;  $\sigma_{xy}$  – covariance of  $x$  and  $y$ ;  $\sigma_x$  – variance of  $x$ ;  $\sigma_y$  – variance of  $y$ ;  $c_1 = (k_1 L)^2$  and  $c_2 = (k_2 L)^2$  are constant values;  $k_1 = 0,01$ ;  $k_2 = 0,03$ ;  $L$  – dynamic range of pixels.

For the purposes of this work four satellite ERS images and one astronaut image with different details and resolution were chosen. Image data with the reference for image are pooled in Table 1.

Table 1 – Test image for edge detection efficiency study

№	Name	Camera/Satellite	Resolution	Source
1	Airplane Graveyard Tucson, AZ	Pleiades-1A	0,5 m	[3]
2	Tokyo ISS005-E-9844	Kodak DCS760c	3032x2064	[4]
3	Circles	WorldView-2	0,5 m	[5]
4	River	Iconos	0,82 m	[5]
5	Landscape	GeoEye-1	0,6 m	[5]

Evaluation models for edge detection and edge detection accuracy by previously discussed metrics were performed in Matlab 2017 in a form of a script. Roberts operator [1], Canny operator [2] and LoG [1] were applied on image with different threshold values and then PSNR and SSIM were calculated while visually best appearance edges was adopted as ideal edge model. Figures 4 and 5 has an example of Roberts operator of Image 4 with missing edges (threshold value 0,2) and false edges (threshold 0,01).

An example of PSNR and SSIM values for 3-edge detection methods in dependence with threshold values are given in Table 2. Edge detection accuracy expressed in PSNR and SSIM are given in Fig. 6...8.

As a result of comparative study, it can be seen that PSNR of more than 38 dB, that corresponds to an accepted edge accuracy is achieved by threshold values 0,08 for Roberts and Canny operators and 0,005 for LoG operator.

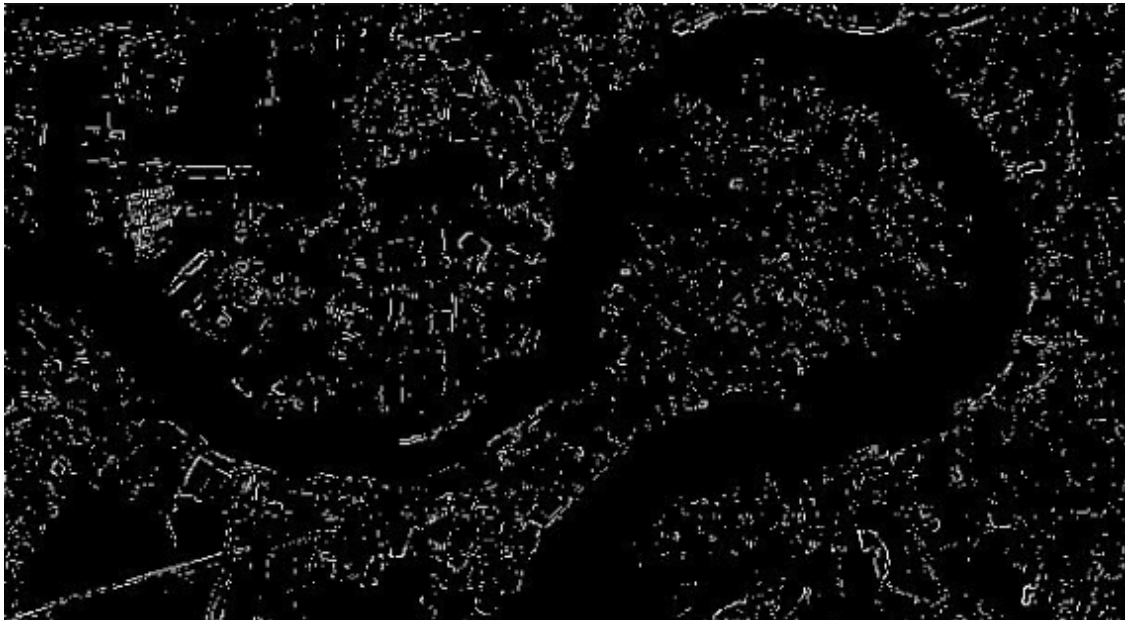


Figure 4 – Roberts operator of image 4 with missing edges (threshold value 0,2)

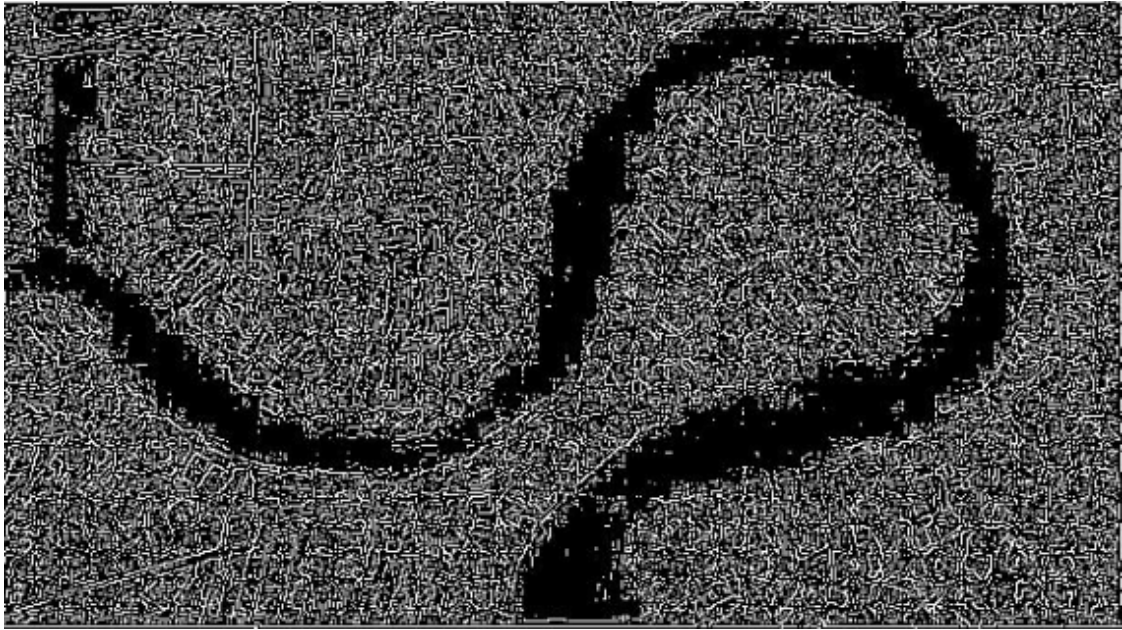


Figure 5 – Roberts operator of image 4 with false edges (threshold value 0,01)

Thus, LoG operator gives better sensitivity in edge detection in comparison with other operators. What is more, it can be seen, that PSNR metrics are not sensible to the scene and details of an image. This leads to higher probability of missing edges on image so in most cases searched objects on image will be missed. In turn, SSIM metrics value on itself gives better differentiation of image details, so with SSIM values more than 0,85 we can get an accepted edge accuracy by threshold values 0,08 for Roberts and Canny operator and 0,005 for LoG operator.

Table 2 – PSNR and SSIM threshold dependency for image № 1

Roberts operator	Threshold 0,01		Threshold 0,03		Threshold 0,05		Threshold 0,07		Threshold 0,08		Threshold 0,09		Threshold 0,1		Threshold 0,2	
	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM
	39,54	0,58	39,40	0,63	39,23	0,70	39,29	0,80	39,64	0,86	41,344	0,93	27,82	0,97	15,570	0,725
Canny operator	Threshold 0,03		Threshold 0,05		Threshold 0,08		Threshold 0,1		Threshold 0,13		Threshold 0,15		Threshold 0,18		Threshold 0,2	
	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM
	40,258	0,828	41,183	0,862	43,798	0,933	19,740	0,933	19,021	0,920	15,107	0,818	17,159	0,882	14,254	0,783
LoG operator	Threshold 0,001		Threshold 0,003		Threshold 0,005		Threshold 0,006		Threshold 0,007		Threshold 0,008		Threshold 0,01		Threshold 0,03	
	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM	PSNR dB	SSIM
	40,022	0,662	40,026	0,714	40,088	0,81	40,819	0,885	41,467	0,903	22,52	0,903	18,536	0,809	15,358	0,699

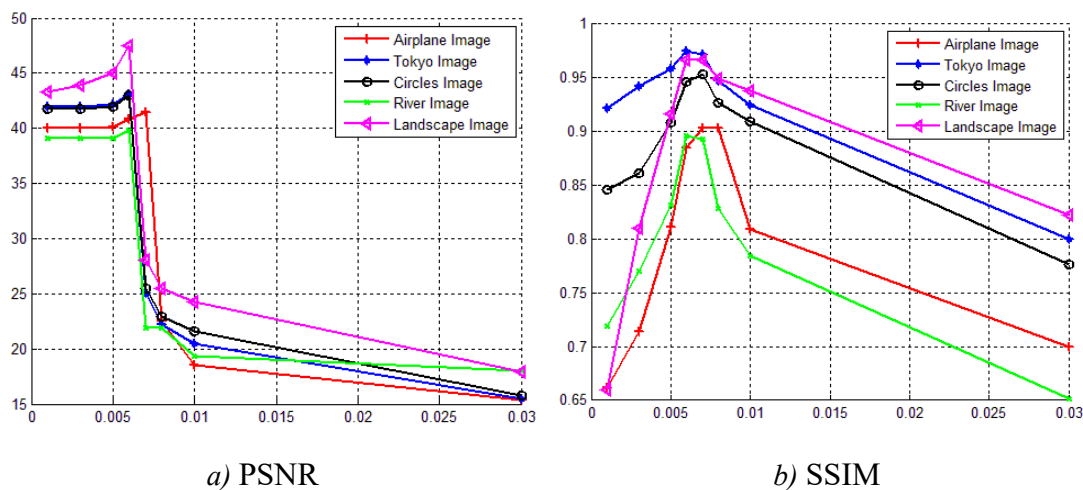


Figure 6 – SSIM and PSNR for Roberts edges

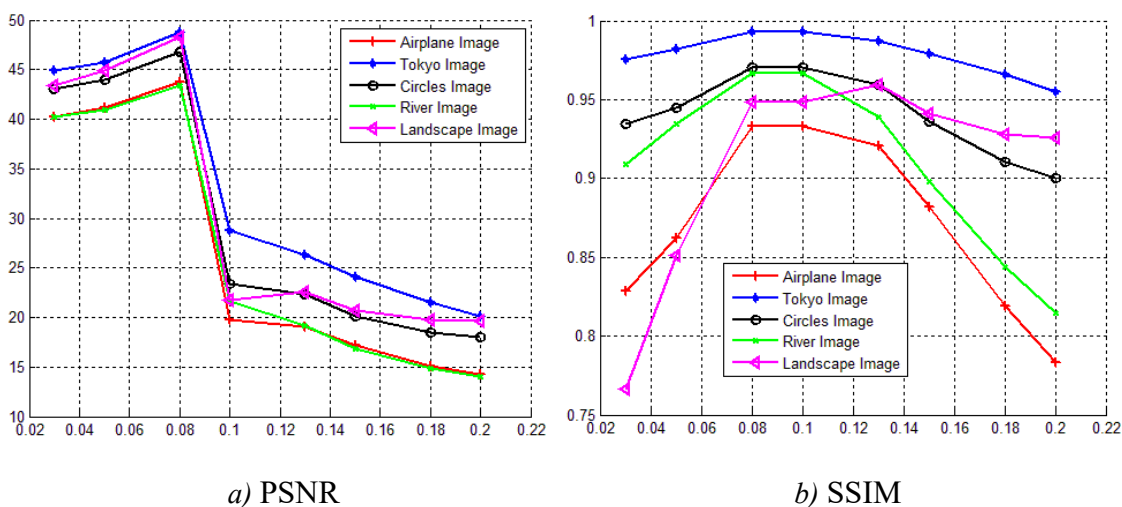


Figure 7 – SSIM and PSNR for Canny edges

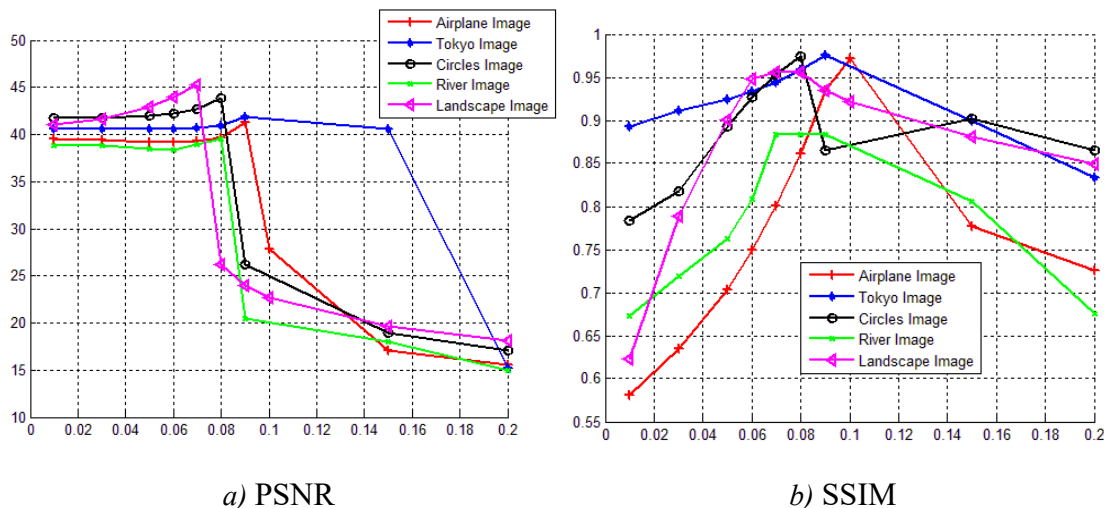


Figure 8 – SSIM and PSNR for LoG edges

It can be explained that SSIM metrics are more sensitive to image structure and luminance changing. In this case SSIM is more suitable to usage in object detection based on edge analysis. As the corollary of this, we can state, that Laplacian kernel with addition of Gaussian kernel (LoG) will produce more accurate edges, in terms of missing and false edges, with smaller threshold value.



Estimations and proposed approach to object detection based on image edge analysis for remote satellite sensing (Earth-remote sensing) is obtained originally. Such information can be used for improving performance of ERS systems for space and military application.

REFERENCES:

1. Pratt, William K. *Digital Image Processing*. John Wiley & Sons, 2016: 762 p.
2. Kale, K. V., et al. *Advances in Computer Vision and Information Technology*. I.K. International Pub. House, 2008: 1680 p.
3. Satellite Image Corporation. "Pleiades-1-Airplane-Graveyard." *Www.satimagingcorp.com/*, Satellite Imaging Corporation, [www.satimagingcorp.com/gallery/pleiades-1/pleiades-1-airplane-graveyard/](http://www.satimagingcorp.com/gallery/pleiades-1/pleiades-1-airplane-graveyard/).
4. NASA. "ISS005-E-9844." *Https://Eol.jsc.nasa.gov/*, NASA, 15 Aug. 2002, [eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS005&roll=E&frame=9844](http://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS005&roll=E&frame=9844).
5. Digital Globe Platform. "DigitalGlobe Basic." *Https://Platform.digitalglobe.com/Gbdx/Data-Sets/#geoeye1*, Digital Globe Platform, 2018, [platform.digitalglobe.com/gbdx/data-sets/#geoeye1](http://platform.digitalglobe.com/gbdx/data-sets/#geoeye1).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Pratt, William K. *Digital Image Processing/* William K. Pratt// John Wiley & Sons. – 2016. – 762 с.
2. Kale, K. V. *Advances in Computer Vision and Information Technology/* K. V. Kale.// I.K. International Pub. House. - 2008. - 1680 с.
3. Satellite Image Corporation. "Pleiades-1-Airplane-Graveyard." [Електронний ресурс]/ Satellite Imaging Corporation. – Режим доступу: [www.satimagingcorp.com/gallery/pleiades-1/pleiades-1-airplane-graveyard/](http://www.satimagingcorp.com/gallery/pleiades-1/pleiades-1-airplane-graveyard/).
4. NASA "ISS005-E-9844."/ NASA. – 15 Aug. 2002. – Режим доступу: [www.eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS005&roll=E&frame=9844](http://www.eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS005&roll=E&frame=9844).
5. Digital Globe Platform. "DigitalGlobe Basic."// Digital Globe Platform. – 2018. – Режим доступу: [www.platform.digitalglobe.com/gbdx/data-sets/#geoeye1](http://www.platform.digitalglobe.com/gbdx/data-sets/#geoeye1).

DOI 10.33243/2518-7139-2019-1-1-150-158