

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ: СЕТИ И ТЕХНОЛОГИИ,  
АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ КОДИРОВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДАННЫХ**

УДК 621.391

**СИСТЕМА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ  
АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

О.Г. ШЕВЧУК, А.С. ЗЕЛЕНИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь**Поступила в редакцию 10 ноября 2017*

Предлагается система геометрических признаков антропогенного объекта аэроизображения на основе нескольких типов ключевых объектов и их характеристик в пространственной области. Показано, что использование данной системы приводит к приемлемым ошибкам первого и второго рода.

*Ключевые слова:* антропогенный объект, геометрические признаки, аэроизображение.

**Введение**

Основными задачами систем видеонаблюдения на базе беспилотного летательного аппарата (БЛА) являются идентификация, параметризация и поиск различных объектов. Особый интерес представляют рукотворные (антропогенные) объекты, которые созданы человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладают свойствами природных объектов [1]. В этой связи актуальна задача автоматического детектирования антропогенных объектов на кадрах видеопотока с борта БЛА. Существующие методы поиска антропогенных объектов можно разделить на четыре типа.

1. Методы на основе искусственных нейронных сетей [2]. Их основным недостатком является высокая вычислительная сложность, связанная с необходимостью предварительного обучения.

2. Методы на основе анализа периодических текстур [3]. Основным недостатком данных методов является узкая ориентация на распределенные антропогенные объекты (например, городские кварталы), что не позволяет их эффективно использовать для поиска сосредоточенных антропогенных объектов (дорог, отдельных строений).

3. Методы на основе спектральных признаков (вегетационный индекс, индекс влагосодержания, индикатор теней) [4]. Основной недостаток данных методов заключается в необходимости использования мультиспектральных камер для формирования аэроизображений.

4. Методы на основе пространственных признаков (характеристики окрестностей ключевых точек изображений) [5]. Данные методы используют, в основном, поиск аномалий (отклонений) распределения яркостей на аэроизображениях, что приводит во многих случаях к принятию неоднозначных решений и низкому быстродействию.

Для устранения представленных недостатков предлагается для поиска антропогенных объектов использовать систему их геометрических признаков, которая позволит произвести их выборку на аэроизображениях в условиях реального масштаба времени.

## Система геометрических признаков антропогенных объектов

Предлагается система геометрических признаков антропогенного объекта аэроизображения на основе нескольких типов ключевых объектов и их характеристик в пространственной области. В качестве ключевых объектов использованы линии и углы, детектированные с использованием высокочастотных фильтров [6] (Кэни, Робертса и др.), и алгоритмы масочного поиска [7], соответственно.

На основе анализа детектированных краев выделенного сегмента аэроизображения сформированы следующие характеристики антропогенных объектов:

- наличие относительно ровного геометрического контура, состоящего из небольшого количества сегментов;

- отсутствие скопления мелких сегментов в контуре;

- отсутствие большого количества углов и концевых точек контура.

Исходя из предложенных характеристик антропогенных объектов, сформированы следующие их геометрические признаки для аэроизображений.

1. Количество выделенных линий сегмента  $K_0 \in [1, 50]$ . Из них количество длинных линий сегмента должно удовлетворять условию  $K_{L_b} \in [1, 50]$ . При этом под длинной линией понимается линия края, размер которой превышает 10 пикселей.

2. Отношения суммарного пиксельного размера длинных линий сегмента  $L_b$  к общему количеству пикселей в крае сегмента  $L_0$  должно удовлетворять условию:  $L_b/L_0 > 0,8$ .

3. Для антропогенного объекта должно выполняться следующее условие:

$$\left\{ \begin{array}{l} O_E \leq 3; \text{ при } K_{L_b} > 0, \\ O_C \leq 0,1; \text{ при } K_{L_b} = 1 \cup O_E \neq 0, \\ \overline{O_C} \leq 0,1; \text{ при } K_{L_b} > 1, \\ O_L \in [0,6;1,7]; \text{ при } K_{L_b} = 2, \end{array} \right.$$

где  $O_E = E_b/K_{L_b}$  – отношение общего числа концевых точек длинных линий  $E_b$  сегмента к их количеству  $K_{L_b}$ ;  $O_C = C_{b_1}/L_{b_1}$  – отношение количества точек излома длинной линии  $C_{b_1}$  к ее

пиксельной длине  $L_{b_1}$ ,  $\overline{O_C} = \frac{\sum_{i=1}^{K_{L_b}} C_{b_i}/L_{b_i}}{K_{L_b}}$  – среднее арифметическое стека значений  $C_{b_i}/L_{b_i}$ , для

которых  $O_E \neq 0$ ;  $O_L = L_{b_1}/L_{b_2}$  – отношение пиксельного размера двух длинных линий относительно друг друга.

На основе представленной системы геометрических признаков антропогенных объектов сформирован следующий дескриптор:

$$\left\{ \begin{array}{l} D = \{K_0, L_0, K_{L_b}, L_b, O_E, O_C\}; \text{ при } K_{L_b} = 1 \cup O_E \neq 0, \\ D = \{K_0, L_0, K_{L_b}, L_b, O_E\}; \text{ при } K_{L_b} = 1 \cup O_E = 0, \\ D = \{K_0, L_0, K_{L_b}, L_b, O_E, \overline{O_C}, O_L\}; \text{ при } K_{L_b} = 2, \\ D = \{K_0, L_0, K_{L_b}, L_b, O_E, \overline{O_C}\}; \text{ при } K_{L_b} > 2. \end{array} \right.$$

### Оценка эффективности системы геометрических признаков антропогенных объектов

Оценка эффективности разработанной системы проводилась в рамках ее использования в алгоритме поиска антропогенных объектов на аэроизображениях [8]. Данный алгоритм реализован на языке C++ с использованием библиотеки OpenCV 3.0. Эксперимент проведен на

ЭВМ со следующими техническими характеристиками: процессор Intel(R) Core(TM) i5-2320 CPU @ 3,0 ГГц; ОЗУ – 4 ГБ; тип системы – 64-разрядная операционная система Windows 7.

Пример работы системы геометрических признаков для поиска антропогенных объектов представлен на рис. 1.



Рис. 1. Детектирование антропогенных объектов на основе системы геометрических признаков: *а, в* – исходные аэроизображения; *б, г* – выделенные антропогенные объекты

Для первичного тестирования были сформированы 4 выборки аэроизображений, сделанных в разное время года и при различных погодных условиях, со следующими выделенными видами антропогенных объектов:

- строения различного назначения (рис. 2, *а*);
- коммуникации различного вида (рис. 2, *б*);
- измененная почва (рис. 2, *в*);
- транспортные средства различного вида (рис. 2, *г*).

Для вторичного тестирования была сформированная выборка аэроизображений без антропогенных объектов (рис. 2, *д*).

В качестве критериев эффективности системы геометрических признаков для поиска антропогенных объектов на аэроизображениях использованы ошибки первого и второго рода.

Ошибка первого рода для каждого вида антропогенного объекта определялась с помощью выражения:

$$N_1 = \frac{I_e}{I_0},$$

где  $I_e$  – количество изображений с пропущенными антропогенными объектами,  $I_0$  – общее количество изображений выборки с заданным видом антропогенного объекта.

Ошибка второго рода определялась с помощью выражения:

$$N_2 = \frac{I_e}{I_0},$$

где  $I_e$  – количество изображений с детектированными ложными антропогенными объектами,  $I_0$  – общее количество изображений выборки без антропогенных объектов.



Рис. 1. Тестовые изображения: *a* – строения различного назначения; *б* – коммуникации различного вида; *в* – измененная почва *г* – транспортные средства различного вида; *д* – аэроизображение без антропогенных объектов

Установлено, что применение представленной системы позволяет детектировать антропогенные объекты различного типа с ошибкой первого рода от 0,13 до 0,87 в зависимости от вида объекта и ошибкой второго рода равной 0,47 (см. таблицу).

**Значения ошибок первого и второго рода при поиске антропогенных объектов**

Алгоритм поиска антропогенных объектов на основе их геометрических признаков	$N_1$				$N_2$
	Объекты вида 1	Объекты вида 2	Объекты вида 3	Объекты вида 4	
	0,47	0,13	0,87	0,13	0,47

## Заключение

Разработана система геометрических признаков антропогенного объекта аэроизображения, которая позволяет детектировать антропогенные объекты с приемлемыми ошибками первого и второго рода. К недостаткам предложенной системы следует отнести зависимость результатов формирования дескриптора от предобработки изображения и невозможность применения для детектирования небольших (5–7 пикселей) антропогенных объектов.

## SYSTEM OF GEOMETRIC SIGNS OF ANTHROPOGENIC OBJECTS

O.G. SHAUCHUK, A.S. ZELENIN

### Abstract

A system of geometric features of an anthropogenic aerial image object is proposed based on several types of key objects and their characteristics in the spatial domain is proposed. It is shown that the use of this system leads to acceptable errors of the first and second kind.

*Keywords:* anthropogenic object, geometrical characteristics, aerial-image.

### Список литературы

1. Ст. 1 Закон РБ Об охране окружающей среды от 26 ноября 1992 г. №1982-ХП
2. Международная конференция компьютерной графики и зрения. Новосибирск, 2006. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://graphicon.ru/html/2006/proceedings/papers/fr10\\_34\\_VezhnevetsA.pdf](http://graphicon.ru/html/2006/proceedings/papers/fr10_34_VezhnevetsA.pdf)
3. Старовойтов В.В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений. Минск, 1997.
4. Борзов С.М., Потатуркин О.И. // Автометрия. 2012. №5. С. 104–111.
5. Борзов С.М., Потатуркин А.О. // Вест. НГУ. Сер.: Информ. технологии. 2012. №3. С. 58–65.
6. Sanny J. // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1986. Vol. 8, №6. P. 679–698.
7. Шевчук О.Г. // Докл. БГУИР. 2016. №7(101). С. 221–225.
8. Шевчук О.Г., Цветков В.Ю. // Докл. БГУИР. 2016. №8(110). С. 6–11.