

КЛАССИФИКАЦИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара

Предложен алгоритм распознавания малоразмерных объектов на спутниковых снимках высокого разрешения. Алгоритм был протестирован с помощью снимка КА QuickBird. Эффективность работы алгоритма подтверждают результаты классификации объектов при различной произвольной ориентации снимка и объектов.

Ключевые слова: классификация малоразмерных объектов, алгоритм, геометрические признаки, бинаризация.

Д. К. Мозговой, О. В. Кравец

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

КЛАСИФІКАЦІЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКАХ

Запропоновано алгоритм розпізнавання малорозмірних об'єктів на спутникових знімках високого розрізнення. Алгоритм було протестовано за допомогою знімка КА QuickBird. Ефективність роботи алгоритму підтверджують результати класифікації об'єктів при різній довільній орієнтації знімка та об'єктів.

Ключові слова: класифікація малорозмірних об'єктів, алгоритм, геометричні ознаки, бінаризація.

D. K. Mozgovej, O. V. Kravets

O. Gonchar Dnipropetrovsk National University

A CLASSIFICATION OF THE LOW-SIZED OBJECTS ON SATELLITE PHOTOGRAPHS

A low-sized object recognition algorithm on a high resolution satellite photograph is proposed. The algorithm was tested by the instrumentality of a CA QuickBird graph. The results of the object classification by various arbitrary orientation of a graph and objects corroborate efficiency of the algorithm.

Key words: low-sized objects, satellite photographs, algorithm.

Распознавание малоразмерных объектов является важной задачей при обработке спутниковых снимков высокого разрешения благодаря их высокой информативности. Они позволяют наблюдать малоразмерные объекты (здания, транспорт), которые можно классифицировать по геометрическим признакам. Цель работы заключалась в разработке алгоритма автоматизированной классификации малоразмерных объектов, позволяющего выделять нужные классы объектов независимо от их ориентации на снимке (Дьяконов, 2005; Кравец, 2009; Мозговой, 2006а, 2006б, 2009а, 2009б, 2009в).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Структура алгоритма:

- бинаризация исходного снимка;
- фильтрация по площади;
- классификация объектов по геометрическим признакам.

Геометрические характеристики объектов, по которым решено было проводить классификацию объектов на бинарном изображении, перечислены ниже.

- Площадь объекта – количество пикселей объекта.
- Длины главной и вспомогательной осей инерции – длины осей, которые представляют собой направления в объекте, совпадающие с полуосями эллипсоида инерции.

- Эксцентриситет – эксцентриситет эллипса с главными моментами инерции, равными главному моменту инерции объекта.
- Площадь многоугольника – площадь выпуклого многоугольника, описанного около объекта.
- Эквивалентный диаметр – диаметр круга с той же площадью, что и объект; вычисляется по формуле $\sqrt{4 * S / \pi}$, где S – это площадь объекта.
- Коэффициент выпуклости – коэффициент, который равен отношению S / S_c , где S – площадь объекта; S_c – площадь многоугольника.

Для классификации малоразмерных объектов по геометрическим признакам необходимо сравнить все объекты бинарного изображения по схеме «каждый с каждым» путем вычисления коэффициента взаимной корреляции r между всеми значениями геометрических признаков объектов:

$$r = \frac{1/n \cdot \sum_{k=1}^n (x_{1k} - \bar{x}_1) \cdot (x_{2k} - \bar{x}_2)}{\sqrt{D_1 \cdot D_2}},$$

где \bar{x}_1 и \bar{x}_2 – средние значения по двум выборкам; x_{1k} и x_{2k} – текущие значения выборки; n – количество элементов выборки; D_1 и D_2 – средние дисперсии по двум выборкам. Далее устанавливается пороговое значение (ПЗ) коэффициента взаимной корреляции и выделяются пары объектов, для которых значение коэффициента корреляции выше порогового. Оценка полученных пар объектов с целью объединения объектов в классы производится на основании полученной при счете таблицы.

Устанавливаемое ПЗ коэффициента корреляции зависит от того, насколько сильно различаются объекты, объединяемые в один класс, и сами классы между собой. Таким образом, ПЗ может быть нечувствительным к изменению объектов, грубым, тогда в предельном случае все объекты объединяются в один класс, или более чувствительным к малейшим отличиям между объектами, тогда в предельном случае создаются классы и в каждый класс попадает только один объект. Поэтому очень важно подобрать оптимальное ПЗ, которое позволит получить оптимальное количество классов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований работы алгоритма автоматизированной классификации объектов был использован спутниковый снимок КА QuickBird (0,6 м), приведенный на рис. 1.



Рис. 1. Исходный снимок

Предварительная обработка снимка заключалась в бинаризации и фильтрации по площади, результаты которых приведены на рис. 2 и 3. В результате было получено изображение, содержащее только объекты, которые представляют интерес для проведения последующей их классификации (рис. 3).



Рис. 2. Результат бинаризации

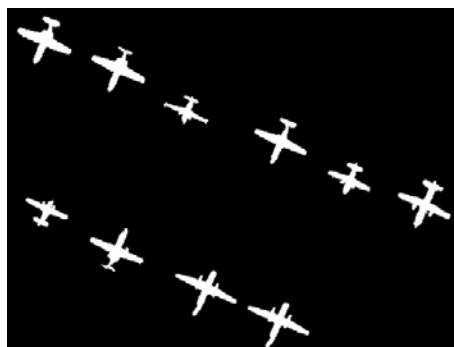


Рис. 3. Результат фильтрации по площади

Геометрические признаки всех объектов бинарного изображения были посчитаны и сведены в таблицу (табл. 1). Следует отметить, что все значения геометрических свойств объектов нормированы до единицы и приведены в пикселях.

Таблица 1

Геометрические признаки объектов бинарного изображения

Свойство	№ объекта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь объекта	0.25	0.13	0.20	0.22	0.11	0.22	0.22	0.20	0.14	0.24
Длина главной оси инерции	0.84	0.67	0.83	0.86	0.67	0.95	0.94	0.81	0.65	0.78
Длина вспомогательной оси инерции	0.69	0.46	0.59	0.60	0.43	0.63	0.63	0.68	0.50	0.76
Эксцентриситет	0.56	0.72	0.70	0.71	0.76	0.74	0.73	0.54	0.63	0.23
Площадь многоугольника	0.52	0.25	0.46	0.48	0.26	0.55	0.55	0.49	0.28	0.53
Эквивалентный диаметр	0.56	0.41	0.50	0.53	0.38	0.53	0.53	0.51	0.43	0.55
Коэффициент выпуклости	0.48	0.52	0.43	0.45	0.44	0.40	0.40	0.41	0.52	0.45

Для наглядности могут быть построены графики свойств каждого объекта (рис. 4).

В ходе обработки получается таблица (табл. 2), с помощью которой легко определить, какие объекты принадлежат одному и тому же классу при конкретном ПЗ свойств каждого класса. Объекты, согласно таблице (ПЗ = 0,95), были объединены в четыре класса, графики свойств которых приведены на рис. 5.

Таблица 2

Объединение объектов в классы (ПЗ = 0,95)

№ объекта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
4	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
5	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
7	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

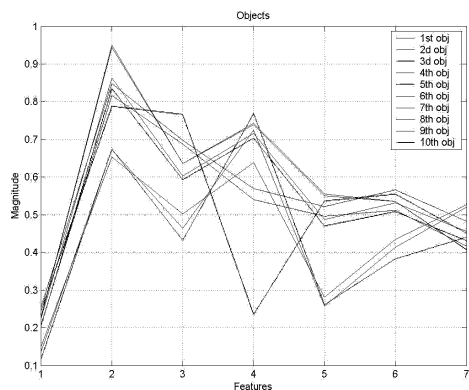


Рис. 4. Геометрические свойства 10 объектов

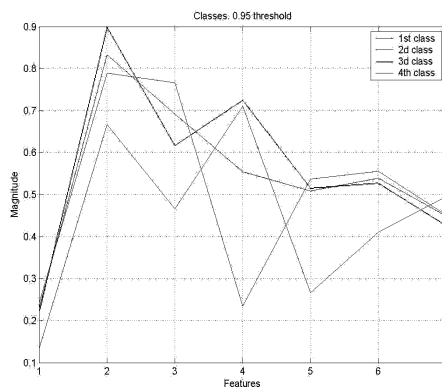


Рис. 5. Геометрические свойства 4 классов (ПЗ = 0,95)

Если брать ПЗ = 0,8, то классов образуется три, т.е. два наиболее близких по геометрическим характеристикам класса из четырех классов при ПЗ = 0,95 объединяются в один. Объект, который был выделен в отдельный класс при ПЗ = 0,95, переходит в первый класс при ПЗ = 0,8. При ПЗ = 0,99 объекты объединяются в семь классов, поскольку второй и третий классы, образованные при ПЗ = 0,95, распадаются на пять классов, а первый и четвертый классы сохраняются.

Изображение с самолетами было повернуто на произвольные углы. Для полученных ориентаций была проведена классификация по геометрическим признакам. На рис. 6 приведен результат классификации при ПЗ = 0,95. Видно, что произвольная ориентация объектов не влияет на результат классификации.

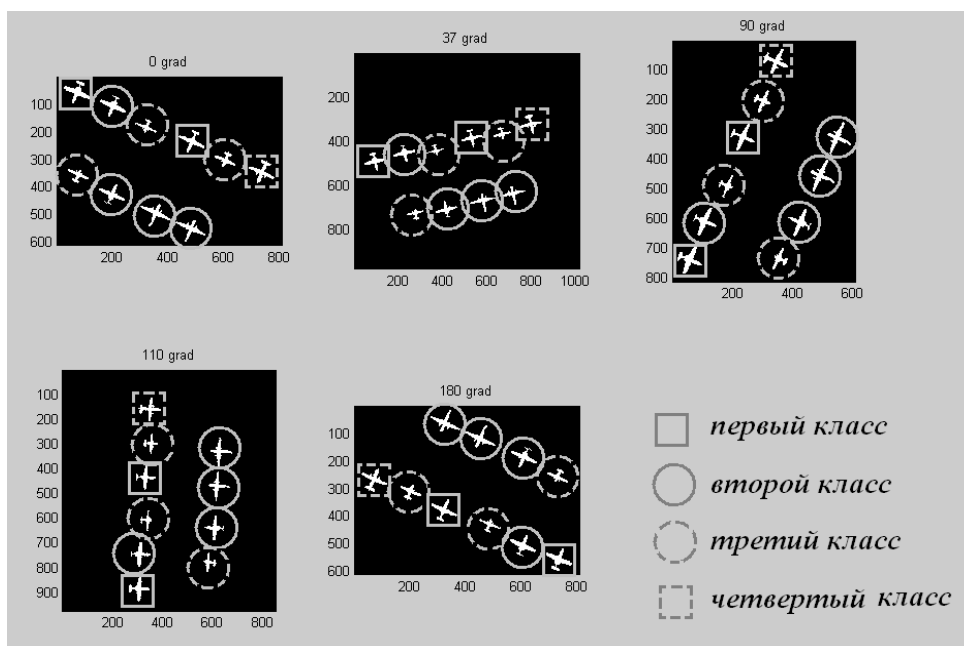


Рис. 6. Классификация по геометрическим признакам при произвольной ориентации объектов

ВЫВОДЫ

Разработана программа в среде MatLab, позволяющая получать очищенные от шума бинарные изображения и классифицировать отфильтрованные объекты по геометрическим признакам при произвольной ориентации спутникового снимка или

отдельных объектов, а также строить графики свойств каждого объекта и каждого класса при различных пороговых значениях свойств каждого класса. Исследования подтвердили, что поворот изображений на произвольный угол не влияет на результат классификации.

* * *

Авторы благодарят доктора технических наук профессора Корчинского В.М. за поддержку направления исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Дьяконов В. П. MatLab 6.0/6.1/6.5/6.5+SP1. Обработка сигналов изображений / В. П. Дьяконов. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 591 с.

Кравец О. В. Классификация малоразмерных объектов на спутниковых снимках / О. В. Кравец, В. М. Корчинский, Д. К. Мозговой // XI Міжнар. наук.-практ. конф. «Людина і космос»: Зб. тез. – Д.: НЦАОМ, 2009. – С. 482.

Мозговой Д. К. Использование данных Modis для экологического мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций / Д. К. Мозговой, О. В. Кравец // Екологія та ноосферологія. – 2009а. – Т. 20, № 1-2. – С. 84-89.

Мозговой Д. К. Использование многоспектральных снимков для классификации посевов сельхозкультур / Д. К. Мозговой, О. В. Кравец // Екологія та ноосферологія. – 2009б. – Т. 20, № 1-2. – С. 54-58.

Мозговой Д. К. Классификация малоразмерных объектов с использованием радиометрических и геометрических признаков / Д. К. Мозговой, В. И. Волошин, И. Н. Водопьянов // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: ракетно-космічна техніка. – 2006а. – Вип. 10. – С. 236-238.

Мозговой Д. К. Классификация малоразмерных объектов с использованием радиометрических и геометрических признаков / Д. К. Мозговой, В. И. Волошин, И. Н. Водопьянов // Сб. тезисов 6-й Украинской конференции по космическим исследованиям. – Евпатория: НЦУИКС, Ин-т косм. исслед. НАНУ-НКАУ, 2006б. – С. 119.

Мозговой Д. К. Распознавание объектов с использованием радиометрических и геометрических признаков / Д. К. Мозговой, И. Н. Водопьянов // XV наук.-техн. конф. «Наукові проблеми розробки, модернізації та застосування інформаційно-вимірвальних систем космічного і наземного базування»: Тези доп. – Житомир: ЖВІРЕ, 2006в. – Ч. 1. – С. 19.

Надійшло до редколегії 13.07.09