

С. А. Арбузов^{1}, А. А. Каргин¹*

Определение минимального размера марки для автоматизированного распознавания опорных точек на материалах аэрофотосъёмки с БВС

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: stanislavar@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по определению минимального размера автоматизировано распознаваемой марки. Выполнены эксперименты в лабораторных условиях по определению минимально возможного размера кодированной и не кодированной марок. Марки располагались на белом и текстурированном фоне в произвольном порядке и с произвольной ориентацией. Съёмка выполнялась с разных дистанций для получения снимков с различным пространственным разрешением. В результате обработки материалов наземной съёмки тест-объекта, определено оптимальное пространственное разрешение для распознавания кодированных и некодированных марок. Спланирована и проведена с использованием мультироторного беспилотного воздушного судна аэрофотосъёмка с высоты 70 метров с использованием опознаков рассчитанного по результатам лабораторного эксперимента размера. Результатами обработки материалов аэрофотосъёмки подтверждены выводы, сделанные при проведении лабораторного эксперимента

Ключевые слова: кодированная марка, автоматизированный поиск опознаков, теорема Котельникова, аэрофотосъёмка

S. A. Arbuzov^{1}, A. A. Kargin¹*

Determination of the minimum size of the target for automated recognition of reference points on the materials of aerial photography from the UAV

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: stanislavar@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of experimental studies to determine the minimum size of the target, which is automatically recognized by aerial photography materials. Experiments were carried out in laboratory conditions to determine the minimum possible size of coded and non-coded targets. The targets were placed on a white and textured background in an arbitrary order and with an arbitrary orientation. The shooting was carried out from different distances to obtain images with different spatial resolution. As a result of processing the materials of the ground survey of the test object, the optimal spatial resolution for the recognition of encoded and uncoded targets was determined. Aerial photography from a height of 70 meters was planned and carried out using a multirotor unmanned aircraft using identification signs of the size calculated according to the results of a laboratory experiment. The results of the processing of aerial photography materials confirmed the conclusions made during the laboratory experiment

Keywords: coded targetp, automated identification search, Kotelnikov's theorem, aerial photography

Введение

Современное программное обеспечение для обработки материалов аэрофотосъёмок позволяет в автоматизированном режиме распознавать на снимках опознаки, представляющие собой однотипные геометрические фигуры или специальные кодированные марки [1, 2, 3]. Кодированные марки при аэрофотосъёмке применяются редко, ввиду более высокой стоимости изготовления таких марок по сравнению с не кодированными. Для маркирования опознаков могут применяться различные материалы: пластик, фанера, ткань и т.д. Для сокращения затрат на производство опознаков они должны быть оптимального размера для их уверенного распознавания при текущем пространственном разрешении.

Целью исследования являлось определение минимально возможного размера опознака для его уверенного распознавания в программном продукте Agisoft Metashape Professional [4]

Задачи:

- рассчитать теоретический минимальный размер марок;
- выполнить наземную съёмку марок с различных дистанций;
- выполнить анализ результатов;
- проверить в полевых условиях результаты лабораторных экспериментов.

Результаты

Обоснуем теоретический минимальный размер марки через теорему Котельникова [5].

Согласно теореме Котельникова, любой аналоговый сигнал может быть восстановлен с какой-угодно точностью по своим дискретным отсчётам, взятым с частотой:

$$f > 2f_c, \quad (1)$$

где f_c – максимальная частота, которая ограничена спектром реального сигнала.

Отсюда минимальная теоретическая ширина кодированной марки для распознавания должна составлять не менее 14 пикселей, а так как максимальный размер центральной черной точки марки, согласно руководству по работе с марками Agisoft Metashape, не должен превышать 30 пикселей, то максимальная ширина марки будет 104 пикселя.

Для лабораторного эксперимента были распечатаны кодированные марки, радиус центральной точки которых был выбран как двойное значение минимального размера элемента в пикселях.

Физическая ширина марок составила 35 мм. Кодированные марки были сгенерированы в Agisoft Metashape, некодированные марки были созданы в программе Corel Draw [6].

Физический размер пикселя и фокусное расстояние определялись из результатов самокалибровки [7].

Расчет расстояния фотографирования рассчитывался по формуле

$$H=q\frac{f}{p}, \quad (2)$$

где H – дистанция фотографирования; q – требуемое пространственное разрешение; p – физический размер пикселя.

Расчет производился для съемочных систем БВС Phantom 4, Phantom 4 Pro v2.0 и беззеркальной фотокамеры Sony a6000 [8, 9].

Распечатанные марки были закреплены на вертикальной плоскости, часть марок была расположена на белом листе А4, часть – на фоне, полученном из набора текстур Бродаца, для имитации распознавания в полевых условиях. На текстурированном фоне марки располагались хаотично. Тест-объект для проверки инструментов распознавания марок показан на рис. 1.



Рис. 1. Тест-объект с марками

Для каждой съемочной системы были рассчитаны минимальное и максимальное расстояние фотографирования по формуле (2).

Минимальное расстояние – дистанция на которой ширина марки в пикселях равна максимально допустимой, исходя из инструкций. Максимальное расстояние – дистанция до объекта, при которой ширина марки минимальна.

Рассчитанные параметры представлены в табл.1.

Таблица 1

Рассчитанные максимальные и минимальные расстояния фотографирования для используемых съемочных систем

Съемочная система	Sony a6000	Phantom 4	Phantom 4 Pro v2.0
Фокусное расстояние, мм	20,00	3,61	8,8
Размер пикселя матрицы, мм	0,00392	0,00156	0,00241
Размер пикселя для (min.GSD), мм	0,3336		
Размер пикселя для (max.GSD), мм	2,5		
Минимальная дистанция (min.D), м	1,703779	0,772	1,218
Максимальная дистанция (max.D), м	12,768	5,785	9,128

Съёмка выполнялась при разном удалении от тест-объекта. Шагом изменения базиса фотографирования принималось значение минимального расстояния.

После проведения съёмки, выполнялась обработка полученных данных в ПО Agisoft Metashape Professional.

По результатам обработки определено, что некодированные марки уверенно распознаются с больших дистанций, по сравнению с кодированными марками. Ширина некодированной марки для уверенного распознавания должна составлять как минимум 22 пикселя.

Для выполнения натурального эксперимента в поле использовалось беспилотное воздушное судно мультироторного типа Phantom 4 PRO v2.0. Высота фотографирования 70 метров. Некодированные марки изготавливались из гофрокартона с наклеенной белой бумагой на которую через трафарет наносилось а черных квадрата в шахматном порядке (рис.2). Ширина марок была рассчитана по формуле (2) и составила 46 сантиметров.



Рис. 2. Некодированная марка

Марки были размещены на съёмочной площадке в хаотичном порядке и закреплены на местности гвоздями.

Маршруты строились в программе Aeroview InField (рис. 3) [10].

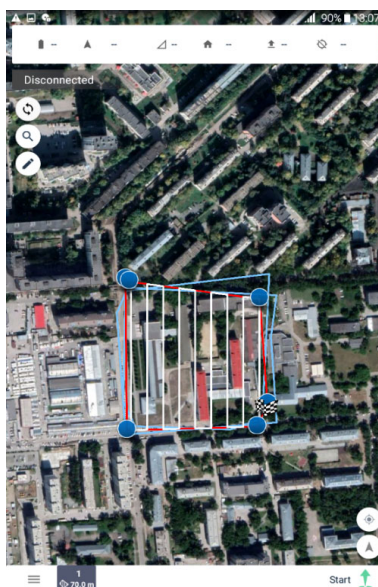


Рис. 3 Планирование маршрутов аэрофотосъёмки в Aeroview InField

В результате аэрофотосъемки было получено 30 снимков.

После проведения съемочных работ был создан проект в ПО Agisoft Metashape Professional и проведено распознавание марок. Результаты лабораторного эксперимента были полностью подтверждены.

Заключение

В ходе выполнения экспериментальных исследований, поставленная цель достигнута и решены задачи:

- рассчитан теоретический минимальный размер марок;
- выполнена съемка тест-объекта с различных дистанций;
- проанализирован результат лабораторного эксперимента;
- выполнена аэрофотосъемка и подтверждены результаты лабораторного эксперимента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kniaz, Vladimir & Grodzickiy, Lev & Knyaz, Vladimir. (2021). DEEP LEARNING FOR CODED TARGET DETECTION. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLIV-2/W1-2021. 125-130. 10.5194/isprs-archives-XLIV-2-W1-2021-125-2021.
2. Кодированные марки и Масштабные линейки. – Текст : электронный. – URL: <https://geoscan.freshdesk.com/support/solutions/articles/35000152351> -Кодированные-марки-и-Масштабные-линейки (дата обращения: 08.10.2023).
3. Automatic Detection and Decoding of Photogrammetric Coded Targets. – Текст : электронный. – URL: https://www.researchgate.net/publication/259764259_Automatic_Detection_and_Decoding_of_Photogrammetric_Coded_Targets (дата обращения: 8.10.2023).
4. Руководство пользователя Agisoft Metashape. – URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf (дата обращения: 08.10.2023).
5. Теорема Котельникова – Текст : электронный. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теорема_Котельникова (дата обращения: 08.10.2023).
6. Corel DRAW. – Текст : электронный. – URL: <https://sites.google.com/site/freedomalyona/corel-draw> (дата обращения: 08.10.2023).
7. An Inexpensive, Automatic and Accurate Camera Calibration Method. – Текст : электронный. – URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1086.3388&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 08.10.2023).
8. Фотоаппарат Sony Alpha ILCE-6000 kit 16-50 Silver. – Текст : электронный. – URL: <https://g-pro.ru/catalog/fotoapparaty/fotoapparaty-sony.html/nid/3217> (дата обращения: 08.10.2023).
9. Квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro V2.0 Phantom 4 Pro V2.0. – Текст : электронный. – URL: <https://coptertime.ru/catalog/dji-phantom-4/dji-phantom-4-pro-v2-0/> (дата обращения: 08.10.2023).
10. Aeroview InField app. – Текст : электронный. – URL: <https://support.aerobotics.com/article/150-aeroview-infield-app> (дата обращения: 8.10.2023).

© С. А. Арбузов, А. А. Каргин, 2024