

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ENVIRONMENTAL DEFENCE

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-293-304

УДК 528.737

Научная статья

Влияние формы и размера маркированных точек на точность фотограмметрических построений

А. Елшештави^{1,2}✉, Л.А. Гаврилова²,
А.Н. Лимонов², М. Елшеви^{1,2}

¹Университет Аль-Азхар,

Арабская Республика Египет, пров. Каир, Эль-Дарб эль-Ахмар, ул. Мохаммеда Абду, д. 15

²Государственный университет по землеустройству,

Российская Федерация, 105064, Москва, ул. Казакова, д. 15

✉ amrshesht82@gmail.com

Аннотация. В настоящее время материалы, полученные с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), используются для решения многих задач, в том числе крупномасштабного картографирования и наблюдения за линейными объектами, включая экологическую обстановку и мониторинг аварийных ситуаций. Оперативно получаемые фотоматериалы позволяют выявить последствия техногенного воздействия человека, связанные с деградацией почвенного покрова, подтоплением земель, засолением и загрязнением почвенного слоя, изменением растительного покрова. В большинстве проектов фотограмметрической обработки аэрофотоснимков и снимков, полученных с БПЛА, для геодезического ориентирования создаваемых моделей используются опорные точки. В районах с малой контурностью перед проведением лётно-съёмочных работ маркируют точки в необходимых зонах. Исследование посвящено изучению влияния формы наземных маркеров на точность фотограмметрических построений. Рассматривались три различных типа наземных маркеров, расположенных на земной поверхности вдоль трассы съёмки на расстоянии, не превышающем 1 м друг от друга. Маркированные точки использовались в качестве опорных точек при фотограмметрической обработке материалов маршрутной фотосъёмки с БПЛА. Были выполнены две трехмаршрутные фотосъёмки трассы длиной 900 м: с БПЛА DJI PHANTOM 4 PRO камерой FC6310 в масштабе 1:3400 и разрешением на местности 1 см и с БПЛА DJI Mavic PRO камерой FC220 в масштабе 1:12 700 и разрешением на местности 2 см. В обоих случаях направление полета север – юг, в фотограмметрическую обработку включены 36 маркированных точек. В первом случае в обработке участвовали 502 снимка, во втором – 152. Обработка фотоснимков с целью создания ортофотоплана производилась с использованием программного обеспечения Agisoft Photo Scan Professional. Были выбраны четыре различных по контрастности участка в

районе исследования: зеленая трава, сухая трава, глина и песок. Оценка точности проводилась по двум критериям: 1) степени визуализации маркированной точки на снимках; 2) точности ортофотоплана, построенного с использованием различных маркированных точек.

Ключевые слова: маркированные точки, опорные точки, разрешение на местности, беспилотный летательный аппарат

Введение

Развитые страны постоянно сталкиваются с высокой стоимостью обслуживания устаревших линейных объектов, таких как транспортные магистрали, трубопроводы. Развитие автомобильной, нефтяной и газовой промышленности и сопутствующий экономический рост породили спрос на более безопасные и эффективные и менее перегруженные магистрали [1]. Для наилучшего проектирования трасс автомагистралей, трубопроводов, а также для проведения экологического мониторинга их состояния необходимы высокоточные как в плане, так и по высоте цифровые модели местности [2]. Для получения топографической информации используются различные методы: фотограмметрическая обработка аэро- и космических снимков, а также снимков с БПЛА, обработка данных радарной и лидарной съемки, современные и традиционные методы наземных топографических съемок.

Одним из наиболее важных параметров аэросъемки является пространственное разрешение (GSD – Ground Sample Distance). Оно определяется как размер проекции пикселя съемочной системы на земной поверхности. Пространственное разрешение GSD зависит от разрешающей способности съемочной камеры и масштаба съемки.

Снимки, полученные с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), используются для создания фотограмметрической продукции: цифровых моделей рельефа Digital Terrain Models (DTMs), цифровых моделей поверхности Digital Elevation Models (DEMs), 3D-моделей, ортофотопланов и т. д.

При создании этой продукции для геодезического ориентирования фотограмметрических моделей используются опорные точки (GCP – Ground Control Points), надежно отождествляемые на снимках и имеющие известные пространственные координаты (X, Y, Z).

В районах, где не может быть обеспечено надежное опознавание на аэроснимках точек местности, используемых в качестве опорных, перед аэрофото съемкой должна быть выполнена маркировка точек планово-высотного обоснования [3; 4]. Маркировочные знаки должны иметь форму креста, квадрата или круга. В инструкциях [3; 4] указано, что для маркировки следует использовать материалы белого цвета, если фон окружающего ландшафта темный, зеленый или серый. При светлом фоне ландшафта применяются черные материалы.

Размеры маркировочных знаков определяются в зависимости от масштаба фотографирования так, чтобы изображения на аэрофотоснимке знаков белого или желтого цвета были не менее 0,10 мм (сторона квадрата или диаметр круга). У знака темного цвета размер должен быть в 1,5 раза больше, чем у знака белого цвета.

Видимые на изображениях маркированные точки, используемые в качестве опорных, позволяют производить более точное геодезическое ориен-

тирование и, как следствие, получать фотограмметрическую продукцию (DTM, DEM, 3D-модели, ортофотопланы) большей точности [5–7], если только не используется метод прямого геопозиционирования без каких-либо опорных точек [7; 8].

В данном исследовании дизайн и размер маркированных точек разработаны таким образом, чтобы они были надежно отождествляемы и достаточно крупными на изображениях. Таким образом, выбор дизайна маркированной точки зависит от масштаба получаемых снимков. Кроме того, при выборе положения маркированных точек на земной поверхности следует избегать затененных участков.

Определение координат маркированных опорных точек осуществлялось с помощью GPS-аппаратуры в режиме кинематики в реальном времени (RTK), опорные точки равномерно распределялись по трассе полета [9; 10].

Задачей исследования является оценка влияния типа маркированных точек на точность фотограмметрических построений и в итоге на точность фотограмметрической продукции. Рассматриваются три типа наземных маркеров. Для фотограмметрической обработки материалов съемки с БПЛА использовалось специализированное программное обеспечение Agisoft Photo Scan Professional.

Методика

Исследования проводились на научно-учебной базе «Горное» Государственного университета по землеустройству, расположенной на юге Московской области. Площадь съемки 900×90 м.

Аэросъемка производилась с использованием БПЛА двух типов: DJI PHANTOM 4 PRO и DJI Mavic PRO (рис. 1).



Рис. 1. DJI PHANTOM 4 PRO (слева) и DJI Mavic PRO (справа)
[Figure 1. DJI PHANTOM 4 PRO (left) and DJI Mavic PRO (right)]

В первом случае с БПЛА DJI PHANTOM 4 PRO проведена трехмаршрутная съемка и получены 502 изображения. Маршруты длиной 900 м проложены с севера на юг. Высота фотографирования 30 м. Разрешение на местности составило 1 см.

Во втором случае съемка производилась с БПЛА DJI Mavic PRO, было получено 152 изображения. Средняя высота фотографирования 60 м. Разрешение на местности составило около 2 см. В исследовании использованы 36 наземных контрольных точек, равномерно распределенных по всей области исследования.

Экспериментальные работы и результаты

Маркированные точки (маркеры) были изготовлены из белого пластика в форме кругов диаметром 20 см. На рис. 2 изображены три различных типа использованных маркеров.



Тип А [Type A]

Тип В [Type B]

Тип С [Type C]

Рис. 2. Различные типы маркеров
[**Figure 2.** Three different types of targets]



Зеленая трава [Green grass]



Серая сухая трава [Gray dry grass]



Почти черная глина [Almost black clay]



Светло-серый песок [Light gray sand]

Рис. 3. Четыре различных по контрастности участка и расположение на них маркеров
[**Figure 3.** The four different sites and distribution of GCPs]

Тип А представляет собой черное пятно диаметром 3 см в центре белой круглой мишени. Тип В – четыре черно-белых треугольника в круглой мишени. Тип С – белое пятно диаметром 3 см в центре черной круглой мишени.

В исследуемой области были выбраны четыре участка земной поверхности, отличающихся по контрастности с маркерами: зеленый (зеленая трава), серый (сухая трава), почти черный (глина) и светло-серый (песок). Группы из трех различных типов маркеров распределялись на каждом из четырех участков на расстоянии около 2 м друг от друга. Четыре различных по контрастности участка и расположение маркеров на каждом из них показаны на рис. 3.

Дополнительные маркеры только типа А (черное пятно диаметром 3 см в центре белого круга) были распределены группами по три маркера по всей области исследования. Группы по три маркера расположены через каждые 60–70 м с севера на юг вдоль направления маршрутов по всей длине 900 м. В каждой группе из трех маркеров расстояние между ними составляло 15–20 м с востока на запад.

Исследование влияния формы наземных маркеров на точность фотограмметрических построений состояло из двух этапов: оценки визуализации различных типов маркеров и оценки точности фотограмметрических построений в зависимости от типа используемых маркированных точек.

Визуальное качество наземного контрольного пункта будет иметь решающее значение для обеспечения точности всего проекта. Маркеры должны быть достаточно большими, визуально контрастными и достаточно точными, чтобы их можно было видеть с высоты с большой точностью. Поэтому для маркеров типа А и С диаметр пятна составляет 3 см, что в 3 раза больше среднего GSD на высоте 30 м полета. В таблице показана оценка видимости центра наземного маркера на изображениях (высота полета 30 м). Качеству видимой центральной точки маркера на изображениях было присвоено значение от одного (для самого низкого значения) до пяти (для лучшего значения).

Из таблицы видно, что для маркеров типа А и В наилучшая визуализация достигается, если в качестве подстилающей поверхности выступает сухая серая трава. Для маркеров типа С наилучшей подстилающей поверхностью является сухая серая трава и почти черная глина. В центральной части снимка достигается наилучшая визуализация для всех типов маркеров и на всех подстилающих поверхностях, как и следовало ожидать.

Средние значения качества видимости центра наземных маркеров для типов А, В и С соответственно составляют: на зеленом участке (зеленая трава) – 2,6; 4,6 и 4,6; на участке серой сухой травы – 3,2; 5,0 и 5,0; на почти черном (глина) участке – 2,4; 4,4 и 5,0; на участке светло-серого песка – 2,2; 4,0 и 4,6. Кроме того, общая средняя оценка качества видимости центра наземных маркеров составляет 2,6; 4,5 и 4,8 для типов А, В и С соответственно. Таким образом, маркер типа А является наихудшим из трех используемых на четырех разных типах поверхности в районе исследования.

Если фон представляет собой поверхность с высокой отражательной способностью (светло-серый песок, зеленая трава), то качество видимости

всех типов маркеров снижается. С другой стороны, лучший фон для всех типов маркеров – серая (сухая) трава. Кроме того, маркер типа А является худшим маркером, поскольку это небольшое черное пятно в центре белого круга в отличие от маркера типа С.

Таблица

Оценка визуализации центра наземного маркера на изображениях, полученных с высоты фотографирования 30 м
 [Table. The evaluation of seeing the center of ground target in images, 30 m flight altitude]

Вид поверхности, на которой расположен маркер [Color of ground around target]	Положение маркера на изображении [Position of target in image]	Оценка визуализации центра наземного маркера по пятибалльной шкале [Quality of seeing the center of ground target using a five-point scale]		
		Tup A [Type A]	Tup B [Type B]	Tup C [Type C]
		Черное пятно в белом круге [Black spot in white target]	Черно-белые треугольники [Black and white triangles target]	Белое пятно в черном круге [White spot in black target]
Зеленая трава [Green grass]	Верх [Top]	3	5	5
	Низ [Bottom]	3	5	5
	Центр [Center]	3	5	5
	Край [Edge]	2	4	4
	Угол [Corner]	2	4	4
	Средняя оценка [Average]	2,6	4,6	4,6
Серая сухая трава [Gray dry grass]	Верх [Top]	3	5	5
	Низ [Bottom]	3	5	5
	Центр [Center]	4	5	5
	Край [Edge]	3	5	5
	Угол [Corner]	3	5	5
	Средняя оценка [Average]	3,2	5,0	5,0
Почти черная глина [Almost black clay]	Верх [Top]	2	4	5
	Низ [Bottom]	3	4	5
	Центр [Center]	3	5	5
	Край [Edge]	2	5	5
	Угол [Corner]	2	4	5
	Средняя оценка [Average]	2,4	4,4	5,0
Светло-серый песок [Light gray sand]	Верх [Top]	2	4	5
	Низ [Bottom]	2	4	4
	Центр [Center]	3	5	5
	Край [Edge]	2	4	5
	Угол [Corner]	2	3	4
	Средняя оценка [Average]	2,2	4,0	4,6
Общая средняя оценка [Overall average score]		2,6	4,5	4,8

Видимость центра наземного маркера на изображениях с разрешением на местности 2 см наихудшая для всех типов маркеров. В этом случае для маркеров типа А и С диаметр пятна равен полутора кратному среднему значению GSD. Когда для маркеров типа А и С диаметр пятна равен трехкратному среднему значению GSD, центральное пятно надежно отождествляется на цифровых изображениях.

Можно сделать вывод, что всегда маркеры типа В и С видны лучше, чем маркеры типа А, во всех тестах, когда сравнение относится к среднему числу ошибок. Более того, лучшими являются маркеры типа В, худшими – типа А. Наилучшим фоном, в отличие от блестящего фона (светло-серый песок и зеленая трава), являются небликующие темные поверхности (сухая серая трава и черная глина). К тому же маркеры, которые находятся в центре изображений, видны лучше, чем находящиеся в углах или на краях изображений.

Для оценки точности фотограмметрических построений было проведено несколько экспериментов по уравниванию фототриангуляционной сети, построенной по снимкам масштаба 1:3400 с пространственным разрешением 1 см.

Тест 1. Использование трех типов маркеров (А, В и С) в качестве 36 опорных точек.

Тест 2. Использование маркеров только типа А: в качестве опорных точек 4 маркера, в качестве контрольных точек – 24. Маркеры типа В и С не использовались при геопривязке или оценке точности.

Тест 3. Использование маркеров только типа В: в качестве опорных точек 4 маркера, в качестве контрольных точек – 24. Маркеры типа А и С не использовались при геопривязке или оценке точности.

Тест 4. Использование маркеров только типа С: в качестве опорных точек 4 маркера, в качестве контрольных точек – 24. Маркеры типа А и В не использовались при геопривязке или оценке точности.

Оценка точности фотограмметрических построений производилась традиционным способом по разностям координат (X, Y, Z) контрольных точек, полученных из GPS-наблюдений и в результате фототриангуляционных построений, по формулам (1).

$$\begin{aligned} V_{Xi} &= X_{Ti} - X_{Gi}, \\ V_{Yi} &= Y_{Ti} - Y_{Gi}, \\ V_{Zi} &= Z_{Ti} - Z_{Gi}, \end{aligned} \quad (1)$$

где V_{Xi} , V_{Yi} , V_{Zi} – невязка в координатах X; Y; Z точки i соответственно; X_{Ti} , Y_{Ti} , Z_{Ti} – координаты точки i , полученные из фототриангуляции; X_{Gi} , Y_{Gi} , Z_{Gi} – координаты точки i , полученные из GPS-наблюдений.

Среднеквадратическая погрешность координат (X, Y, Z) контрольных точек рассчитана по формуле Гаусса (2).

$$\begin{aligned} M_X &= \sqrt{((\sum_{(i=1)}^n (V_{Xi})^2) / n)}, \\ M_Y &= \sqrt{((\sum_{(i=1)}^n (V_{Yi})^2) / n)}, \\ M_Z &= \sqrt{((\sum_{(i=1)}^n (V_{Zi})^2) / n)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Общая среднеквадратическая погрешность M в координатах контрольных точек рассчитана по формуле (3).

$$M = \sqrt{(M^2_X + M^2_Y + M^2_Z)}. \quad (3)$$

Рис. 4 иллюстрирует зависимость остаточных расхождений в координатах 36 опорных точек при геодезическом ориентировании фототриангуляционной сети с использованием различных типов маркеров и расположенных на разном фоне (тест 1). На нем видно, что наихудшим фоном для рас-

смаатриваемых типов марок является светло-серый песок, а предпочтительным – серая сухая трава. Наихудший тип марок – тип А, тип В – наилучший.

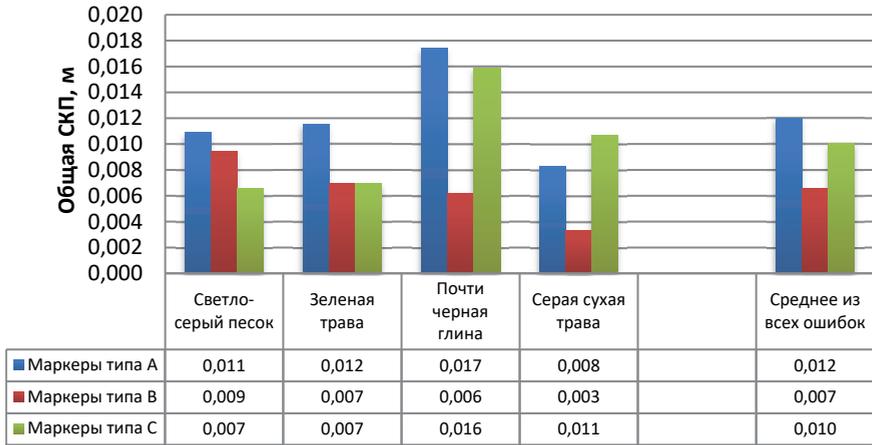


Рис. 4. Остаточные расхождения в координатах 36 опорных точек (тест 1)

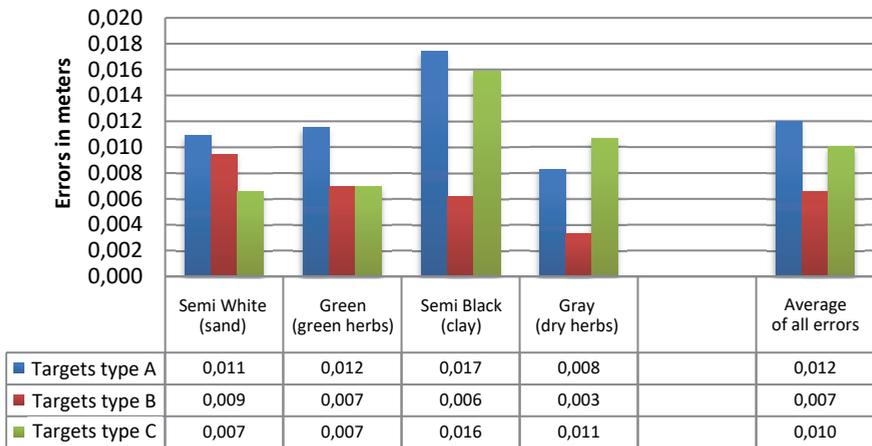


Figure 4. Errors when using selected targets as part of 36 GCPs in georeferencing (test 1)

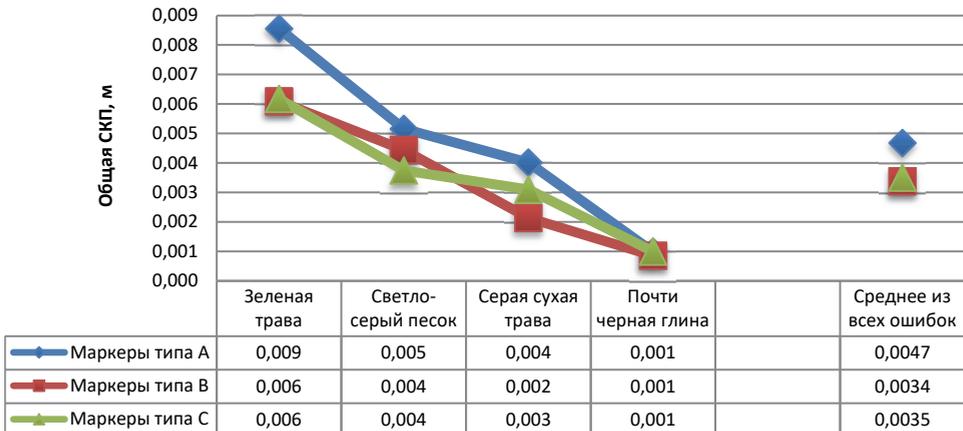


Рис. 5. Ошибки при использовании только выбранных маркеров в качестве опорных точек (тесты 2, 3, 4)

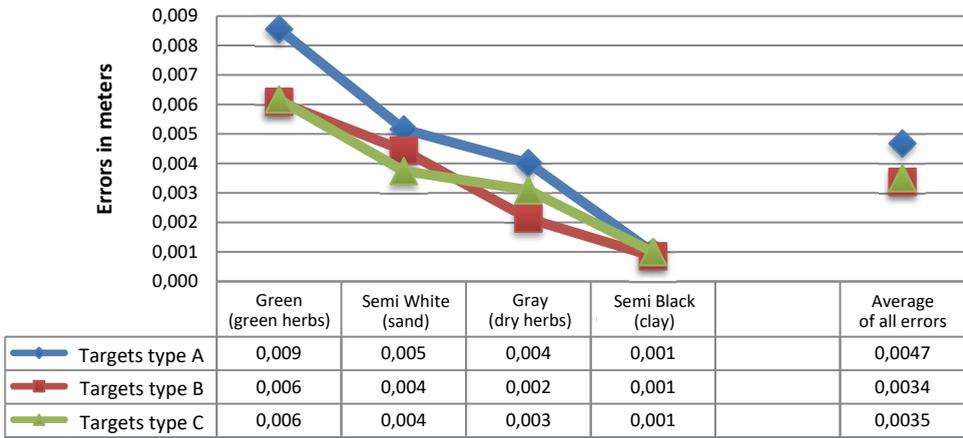


Figure 5. Errors when using only selected targets as GCPs (tests 2, 3, 4)

Рис. 5 иллюстрирует зависимость средней квадратической погрешности (СКП) координат контрольных точек от типа используемых маркеров и вида подстилающей поверхности. Марки типа А на зеленой траве – наихудший вариант. Наименьшая СКП в координатах контрольных точек достигается при использовании маркеров типа В на почти черной глине.

Заключение

Использование маркированных точек в качестве опорных повышает точность фотограмметрических построений.

Точность измерения координат маркированных точек на изображении зависит от цветового контраста маркированной точки и окружающего ее фона, типа рисунка маркера, размера рисунка маркера в соответствии с разрешением на местности.

Маркеры с четырьмя черными и белыми треугольниками в круглой мишени лучше, чем маркеры в виде черного круга с белым пятном диаметром 3 см в центре. Однако маркеры в виде черного круга с белым пятном диаметром 3 см в центре лучше, чем маркеры в виде черного пятна того же диаметра в центре белого круга. При этом диаметр центрального пятна должен быть больше GSD не менее чем в 3 раза.

Кроме того, следует избегать блестящего или бликующего фона, на котором размещаются маркированные точки.

Список литературы / References

- [1] Jaal Z, Abdullah J. User's preferences of highway landscapes in Malaysia: a review and analysis of the literature. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2012;36;265–272.
- [2] Albattah MMS. Optimum highway design and site location using spatial geoinformatics engineering. *Journal of Remote Sensing & GIS*. 2016;5(1):10.
- [3] Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:10000 и 1:25000. М.: Недра, 1978
Instruktsiya po topograficheskim s'emkam v masshtabakh 1:10000 i 1:25000 [Instructions for topographic surveys at scales 1:10000 and 1:25000]. Moscow: Nedra Publ.; 1978. (In Russ.)

- [4] Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000. М.: Недра, 1983.
Instruktsiya po topograficheskoi s"emke v masshtabakh 1:500, 1:1000, 1:2000 i 1:5000 [Instructions for topographic survey at scales 1:500, 1:1000, 1:2000 and 1:5000]. Moscow: Nedra Publ.; 1983. (In Russ.)
- [5] Wang J, Ge Y, Heuvelink GB, Zhou C, Brus D. Effect of the sampling design of ground control points on the geometric correction of remotely sensed imagery. *Int. J. Appl. Earth Obs.* 2012;18:91–100.
- [6] Hugenholtz CH, Whitehead K, Brown OW, Barchyn TE, Moorman BJ, LeClair A, Riddell K, Hamilton T. Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically derived digital terrain model. *Geomorphology*. 2013;194:16–24.
- [7] Patias P, Giagkas F, Georgiadis C, Mallinis G, Kaimaris D, Tsioukas V. Evaluating horizontal positional accuracy of low-cost UAV orthomosaics over forest terrain using ground control points extracted from different sources. Proceedings of the International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment, International Society for Optics and Photonics, Paphos, Cyprus, 20–23 March 2017; p. 104440U.
- [8] Turner D, Lucieer A, Wallace L. Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2014;52:2738–2745.
- [9] Wells RR, Momm HG, Castillo C. Quantifying uncertainty in high-resolution remotely sensed topographic surveys for ephemeral gully channel monitoring. *Earth Surf. Dyn.* 2017;5:347.
- [10] Propeller. Available from: <https://www.propelleraero.com/aeropoints/> (accessed: 10.08.2018).

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 11.09.2020

Дата принятия к печати: 30.09.2020

Для цитирования:

Елшештави А., Гаврилова Л.А., Лимонов А.Н., Елиевы М. Влияние формы и размера маркированных точек на точность фотограмметрических построений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 3. С. 293–304. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-293-304>

Сведения об авторах:

Елшештави Амр, аспирант кафедры дистанционного зондирования и цифровой картографии Государственного университета по землеустройству; преподаватель кафедры гражданского строительства инженерного факультета в Каире Университета Аль-Азхар. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0668-2375>; eLIBRARY SPIN-код: 9609-4694. E-mail: amrshesht82@gmail.com

Гаврилова Лариса Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, декан факультета городского кадастра Государственного университета по землеустройству. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7095-3224>; eLIBRARY SPIN-код: 7343-7078. E-mail: gavrilova.a.larisa@gmail.com

Лимонов Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры дистанционного зондирования и цифровой картографии Государственного университета по землеустройству. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4382-5200>; eLIBRARY SPIN-код: 1561-8711. E-mail: limonov.anatoly@gmail.com

Елиевтави Мохамед, аспирант кафедры геодезии и геоинформатики Государственного университета по землеустройству; преподаватель кафедры гражданского строительства инженерного факультета в Каире Университета Аль-Азхар. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8367-207X>; eLIBRARY SPIN-код: 8872-1494. E-mail: mimoelshewy@gmail.com

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-293-304

Scientific article

Influence of the shape and size of the ground targets on the accuracy of photogrammetric processing

Amr Elsheshtawy^{1,2}✉, Larisa A. Gavrilova²,
Anatoly N. Limonov², Mohamed Elshewy^{1,2}

¹*Al-Azhar University,
15 Mohammed Abdou St, El-Darb El-Ahmar, Cairo Governorate, Arab Republic of Egypt*
²*State University of Land Use Planning,
15 Kazakova St., Moscow, 105064, Russian Federation*
✉ amrshesht82@gmail.com

Abstract. The materials obtained from the unmanned aerial vehicle (UAV) are used to solve many problems, including large-scale mapping and monitoring of linear objects, as well as the ecological situation and monitoring of emergency situations. The promptly obtained photographic materials make it possible to reveal the consequences of man-made human impact associated with degradation of the soil cover, flooding of lands, salinization and pollution of the soil layer, and changes in the vegetation cover. Control points are used for absolute orientation of the generated models in the most projects of photogrammetric processing of aerial photos and images obtained from UAVs. In areas with low contour, before aerial survey, targeting is carried out in the required zones. The research is devoted to the study of the influence of the shape of ground targets on the accuracy of photogrammetric processing. It involved three different types of ground targets located on the land cover along the survey path at a distance not exceeding 1 m from each other. The targets were used as ground control points in the photogrammetric processing of the materials from the UAV. Two three-stripe photographic surveys of the 900 m long track were carried out: with UAV DJI PHANTOM 4 PRO camera FC6310 at a scale of 1:3400 and ground resolution of 1 cm and with the DJI Mavic PRO UAV camera FC220 at a scale of 1:12 700 and ground resolution of 2 cm. In both cases, the direction of flight is north – south, 36 targets were included in the photogrammetric processing. In the first case, 502 images were processed, in the second – 152. The photogrammetric processing for the orthophoto mosaic generation was carried out using the Agisoft Photo Scan Professional software. Four different contrasting sites in the study area were selected for the study: green grass, dry grass, clay, sand. Accuracy was assessed according to two criteria: 1) the degree of visualization of the target on the images; 2) the accuracy of the orthophoto mosaic, generated using various targets.

Keywords: ground targets, control points, ground resolution, unmanned aerial vehicle

Article history:

Received: 11.09.2020

Revised: 30.09.2020

For citation:

Elsheshtawy A, Gavrilova LA, Limonov AN, Elshewy M. Influence of the shape and size of the ground targets on the accuracy of photogrammetric processing. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(3):293–304. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-293-304>

Bio notes:

Amr Elsheshtawy, PhD student at the Department of Remote Sensing and Digital Cartography of the State University of Land Use Planning; teacher of the Civil Engineering Department of the Faculty of Engineering in Cairo of the Al-Azhar University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0668-2375>; eLIBRARY SPIN-code: 9609-4694. E-mail: amrshesht82@gmail.com

Larisa A. Gavrilova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Urban Cadaster of the State University of Land Use Planning. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7095-3224>; eLIBRARY SPIN-code: 7343-7078. E-mail: gavrilova.a.larisa@gmail.com

Anatoly N. Limonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Remote Sensing and Digital Cartography of the State University of Land Use Planning. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4382-5200>; eLIBRARY SPIN-code: 1561-8711. E-mail: limonov.anatoly@gmail.com

Mohamed Elshewy, PhD student at the Department of Geodesy and Geoinformatics of the State University of Land Use Planning; teacher of the Civil Engineering Department of the Faculty of Engineering in Cairo of the Al-Azhar University. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8367-207X>; eLIBRARY SPIN-code: 8872-1494. E-mail: mimoelshewy@gmail.com