

5. Batosyrenov E.A., Sydypov B.Z., Alymbaeva J.B., Sodnomov B.V., Gurjapov B.O., Andreev S.G., Aiurjanaev A.A., Jarnikova M.A., Saiapina D.O., Serkina D.A., Garmaev E.J. Opyt ispolzovania bespilotnyh letatelnyh aparatov v geoekologicheskikh issledovaniyah // Aktualnye voprosy v oblasti zemleustroistva, kadastrrov i prirodoobustroistva: problemy i erspektivy razvitia: materialy mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferensii, posvashennoi 20-letiu kafedry zemleustroistva (13 maia 2016 g.). – Ulan-Ude, 2016. – С. 24–27.

6. Kostük A.S. Raschet parametrov i osenka kachestva aerofotosemki s BPLA // Geo-Sibir. – 2010. – Т. 4. – № 1. – С. 83–87.

DOI 10.53364/24138614_2022_24_1_13

УДК 528.71

¹Шпаков П.С., ²Ожигин С.Г., ³Ожигина С.Б., ⁴Долгоносков В.Н., ⁵Гроссул П.П.

¹Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия,

^{2,3,4,5}Карагандинский технический университет, г. Караганда, РК,

¹E-mail: spsp01@rambler.ru

²E-mail: osg62@mail.ru

³E-mail: osb66@mail.ru

⁴E-mail: vnd070765@mail.ru

⁵E-mail: ddd117@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЦИФРОВОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

ҰҰА ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ САНДЫҚ АЭРОФОТОТҮСІРІЛІМ ӨНДІРІСІНІҢ ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ

DETERMINATION OF EFFICIENCY INDICATORS OF DIGITAL AERIAL PHOTOGRAPHY USING UAV

Аннотация. В данной работе приведены результаты исследования эффективности ведения аэрофотограмметрических работ с применением беспилотных летательных аппаратов при оценке и планировании картографических работ.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, цифровая аэрофотосъемка, модель местности, картографирование.

Аңдатпа. Бұл жұмыста картографиялық жұмыстарды бағалау және жоспарлау кезінде ұшқышсыз ұшатын аппараттарды қолдану арқылы аэрофотограмметриялық жұмыстарды жүргізудің тиімділігін зерттеу нәтижелері берілген.

Түйін сөздер: ұшқышсыз ұшу аппараты, сандық аэрофототүсірілім, жер бедерінің моделі, картаға түсіру.

Abstract. This paper presents the results of a study of the effectiveness of conducting aerial photogrammetric work using unmanned aerial vehicles in the assessment and planning of cartographic work.

Key words: unmanned aerial vehicle, digital aerial photography, terrain model, mapping.

Введение

На современном этапе развития картографического производства цифровая аэрофотосъемка является одним из самых востребованных и активно развивающихся видов геодезических изысканий. Данный комплекс работ позволяет создавать подробные топографические карты, планы местности, цифровые модели местности (рисунок 1), основываясь на математических расчетах и обработке фотограмметрического материала.

Особенностью цифровой аэрофотосъемки является возможность увеличения общей производительности работ с одновременным переносом большего объема полевых работ в камеральные условия с использованием современных технологий автоматизации [1,2].

В свою очередь этот комплекс работ требует высокого уровня организации и планирования работ. В такой ситуации важную роль играют показатели эффективности, которые можно использовать для планирования аэрофотосъемочных работ.



Рисунок 1. Ортофотоплан городской местности

Для определения степени эффективности применения различных видов БПЛА, используемых при съемке местности, требуется наличие показателей, учитывающих не только конструкторские особенности летательного аппарата, но и технические возможности бортового оборудования, а также характерные черты местности [3, 4].

Расчет основных показателей эффективности.

С целью определения наиболее благоприятных условий использования БПЛА предлагается использовать несколько взаимозависимых показателей. Значения данных показателей рассмотрим на примере одномаршрутной съемки линейного объекта.

Основными показателями эффективности (P), учитывающими технические возможности БПЛА и особенность выполнения цифровой съемки местности, являются скорость фотографирования (P_V) и максимально возможный общий объем данных за один полет (P_D) [2,3]:

$$P_V = \frac{a_x \cdot a_y \cdot R \cdot C}{k_D \cdot t_{min}}; P_D = \frac{a_x \cdot a_y \cdot R \cdot C \cdot t_s}{k_D \cdot t_{min}}.$$

Данные показатели складываются из технических особенностей БПЛА и цифрового оборудования, к ним относятся: коэффициент сжатия данных (k_D); возможность использования нескольких спектральных каналов (C); значение яркости (R); максимальный возможный охват цифровым комплексом БПЛА ($a_x \cdot a_y$); время съемки (t_s); минимальное время фотографирования (t_{min}) [5].

Если рассматривать показатели эффективности, основываясь на нормативных документах, то целесообразно использовать показатели съемочной производительности (P_S) и валовой производительности (P_G) [3].

Отношение количества квадратных километров фотографируемой площади (S) ко времени, которое было затрачено на данное фотографирование (t_s), будет являться съемочной производительностью.

В свою очередь валовая производительность (P_G) затрагивает все время полета БПЛА (t_G) и включает в себя время полета без съемки (t_0) и время в полете в процессе фотографирования [3]:

$$t_G = t_s + t_0.$$

Для определения площади фотографируемой территории при кадровой маршрутной съемке предлагается использовать следующую формулу [3]:

$$S = l_y \cdot V \cdot t_s,$$

где l_y – продольный размер кадра;

V – скорость полета БПЛА.

Учитывая особенности использования показателя площади съемки, в расчете валовой и съемочной производительности их формулы рассматриваются следующим образом [3]:

$$P_S = \frac{S}{t_s} = l_y \cdot V; P_G = \frac{S}{t_G} = l_y \cdot V \frac{t_s}{t_G} = P_S \frac{t_s}{t_G}.$$

В свою очередь съемочная производительность не зависит от количества фотографируемых объектов (N). Расчет валовой производительности при увеличении количества объектов съемки изменяется следующим образом [3]:

$$P_G^N = \frac{1}{t_G} \sum_{n=1}^N S^n = \frac{V \cdot l_y}{t_G} \sum_{n=1}^N t_s^n,$$

где n – порядковый номер объекта съемки.

Учитывая разное отношение времени съемки в полете ко времени всего полета, включая полет БПЛА без фотографирования, результаты определения валовой и съемочной производительности при выполнении беспилотной цифровой аэрофотосъемки ($V=90$ км/ч; $l_y=300$ м) сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Значения валовой и съемочной производительности беспилотной цифровой аэрофотосъемки при $V=90$ км/ч. и $l_y=300$ м

$G, ч$	t_s/t_G	$t_s, ч$	$S, км^2$	$P_G, км^2/ч$	$P_S, км^2/ч$
1	0,25	0,25	6,75	6,75	27
	0,50	0,5	13,50	13,50	
	0,75	0,75	20,25	20,25	
2	0,50	1	27,00	13,50	
	0,75	1,5	40,50	20,25	
	0,88	1,75	47,25	23,63	
3	0,67	2	54,00	18,00	
	0,83	2,5	67,50	22,50	
	0,92	2,75	74,25	24,75	

Используя представленные формулы возможно определить основные показатели эффективности при выполнении цифровой аэрофотосъемки с применением БПЛА. Данные показатели являются необходимыми критериями при оценке и планировании работ по построению ортофотопланов местности и учитывают конструкторские и технические особенности беспилотных летательных аппаратов и их бортовых комплексов.

Список использованных источников

1. Аэрофотосъемочные работы: Справочник аэрофотосъемщика / Попов А.А., Полетаев Ю.И., Евдокимов Ю.В. и др. – М.: Транспорт. 1984. – 200 с.
2. Источники и приемники оптического излучения / А.Н. Григорьев, Д.Б. Мельников. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2017. – 151 с.
3. Руководство по аэросъемочным работам / Ю. И. Полетаев и др. – М.: Воздушный транспорт, 1988. – 336 с.
4. Семенюк В.В., Риттер Д.В., Петров П.А., Риттер Е.С., Сагимов А.Е. 3d-моделирование и печать БПЛА с алгоритмами локального позиционирования. Вестник Академии гражданской авиации. 2021. № 2 (21). С. 19-27.
5. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: Монография. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования», 2013. – 768 с.

References

1. Aerofotosemochnye raboty: Spravochnik aerofotosemika / A.A. Popov, Iy.I. Poletaev, Iy.V. Evdokimov i dr. – M.: Transport. 1984. – 200 s.
2. Istochniki i priemniki opticheskogo izlycheniia / A.N. Grigorev, D.B. Melnikov. – SPb.: VKA imeni A.F. Mojaiskogo, 2017. – 151 s.
3. Rykovodstvo po aerasemochnym rabotam / Iy. I. Poletaev i dr. – M.: Vozdýshnyi transport, 1988. – 336 s.
4. Semeniyk V.V., Ritter D.V., Petrov P.A., Ritter E.S., Sagimov A.E. 3d-modelirovanie i pechat BPLA s algoritmami lokalnogo pozitsionirovaniia. Vestnik Akademii grajdanskoí aviatsii. 2021. № 2 (21). S. 19-27.
5. Moiseev V.S. Prikladnaia teoriia ýpravleniia bespilotnymi letatelnymi apparatami: Monografiia. – Kazan: GBÝ «Respýblikanskii tsentr monitoringa kachestva obrazovaniia», 2013. – 768 s.