Наивысшее значение общего количества стеблей имеет третий срок сева (596 шт./м). Наименьшее значение дал первый срок сева (500 шт./м).

Количество продуктивных стеблей у третьего срока сева оказалось наибольшим (556 шт./м), а у первого и второго сроков сева данный показатель отстает значительно (480 и 520 шт./м соответственно).

Показатели кустистости ячменя у общих варьировались незначительно – наивысшая кустистость была отмечена у первого срока сева – 2,6 %, а наименьшая у второго срока сева – 2,4 %.

То же самое можно сказать и про кустистость продуктивных: наивысшие значения были отмечены у первого и второго сроков сева и составили 2,4 % соответственно.

Исходя из анализа данных опыта можно утверждать, что первый срок сева негативно сказался на качестве кущения. Значение как общего числа стеблей, так и продуктивного уступают другим срокам сева. Более поздние сроки сева проявили себя более эффективно.

1. Джангабаев Б. Ж. Влияние способов посева и норм высева на продуктивность и эффективность возделывания ярового ячменя в Среднем Заволжье / Б. Ж. Джангабаев, Л. В. Пронович, Е. В. Щербинина, О. И. Горянин. – текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 27. – С. 31 – 33.
2. Борисоник З. Б. Ячмень яровой [текст]: учебное пособие / З. Б. Борисоник. – М.: Колос, 1974. – 255 с. – Текст : непосредственный.
3. Глуховцев В. В. Яровой ячмень в Среднем Поволжье (селекция, агротехника, сорта) / В. В. Глуховцев. – Самара: Поволжский НИИ селекции и семеноводства, 2001. – 151 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта [Текст]: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва : Альянс, 2011. – 350 с. – ISBN 978-5-903034-96-3. – Текст : непосредственный.
5. Усанова З. И. Формирование урожая ячменя и овса при разных сроках сева / Усанова З. И. – Текст : непосредственный // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1985. – № 6. – С. 27.

Ожигин Д.С., Кубайдуллина У.А., Шарипова К.Д., Долгоносков В.Н.
Оценка точности цифровой модели местности полученной на основе данных
беспилотных летательных аппаратов масштабе 1:1000

*НАО «КарТУ»
(Казахстан, Караганда)*

doi: 10.18411/lj-04-2021-72

Аннотация

В работе рассмотрены преимущества применения БПЛА для выполнения топографической съемки и оценка точности цифровой модели местности.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, программа Metashape, цифровая модель местности, маркер, снимок.

Abstract

The paper considers the advantages of using UAVs to perform topographic surveys and assess the accuracy of a digital model.

Key words: aerial photography, Metashape program, digital terrain model, marker, snapshot.

По результатам аэрофотосъемки выполнен анализ точности полученной цифровой модели путем сравнения пространственного положения маркеров на модели и их GNSS определений. Среднеквадратическая погрешность (СКП) GNSS определений маркеров принята ± 10 мм. Фактическая точность GNSS определений составляла $\pm 6 - 8$ мм.

Используя точные мультисистемные, мультисистемные GNSS приемники (один приемник на борту самолета, и один в роли базовой станции) возможно рассчитать центры снимков с точностью до 1 сантиметра в режиме PPK. Результат расчета координат центров снимков приведены на рисунке 1.

% GPST	latitude(deg)	longitude(deg)	height(m)	Q	ns	sdn(m)	sde(m)	sdu(m)
2020/07/09 10:24:59.744	51.788853466	74.158650249	455.4729	1	14	0.0053	0.0037	0.0096
2020/07/09 10:25:02.664	51.788744791	74.159637467	446.2304	1	13	0.0054	0.0038	0.0102
2020/07/09 10:25:05.503	51.788676742	74.160634427	438.7191	1	14	0.0053	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:08.303	51.788626013	74.161608428	440.4510	1	13	0.0053	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:11.063	51.788552228	74.162540716	442.8249	1	14	0.0053	0.0037	0.0095
2020/07/09 10:25:14.024	51.788485409	74.163493335	443.0780	1	14	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:16.943	51.788432786	74.164514719	440.0155	1	14	0.0054	0.0037	0.0097
2020/07/09 10:25:19.744	51.788378929	74.165473215	443.7579	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:22.664	51.788302912	74.166414064	441.9787	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:25.463	51.788237421	74.167383795	440.4705	1	14	0.0054	0.0037	0.0097
2020/07/09 10:25:28.304	51.788169823	74.168357822	443.8733	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:31.184	51.788101567	74.169290425	447.8510	1	14	0.0054	0.0037	0.0096
2020/07/09 10:25:34.104	51.788036403	74.170201157	446.6365	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:37.024	51.787977282	74.171173918	443.6480	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:39.903	51.787903518	74.172125868	445.5113	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:42.863	51.787838138	74.173060974	445.6864	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:45.784	51.787783382	74.174010987	444.6508	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:48.704	51.787715181	74.174934149	447.3059	1	13	0.0054	0.0037	0.0099
2020/07/09 10:25:51.784	51.787628203	74.175854372	449.0600	1	12	0.0055	0.0038	0.0108

Рис. 1. Результат расчета координат центров снимков при $Q = 1$ фиксированное решение

В работе рассмотрено 3 метода привязки аэрофотосъемки к местной системе координат.

В программу Metashape загружаем фотографии в системе координат WGS-84. Выравнивая фотографии, анализируем результаты ошибок выравнивания снимков по общим пикселям и расхождения координат между центрами снимков (рис. 2).

Камеры	Восточное указание (м)	Северное указание (м)	Высота (м)	Точность (м)	Ошибки
✓ DSC01480	444043.772455	5744088.418384	552.488362	0.100000	0.071860
✓ DSC01481	444043.183641	5744026.473248	553.270901	0.100000	0.105682
✓ DSC01482	444042.522824	5743968.501976	553.331405	0.100000	0.100087
✓ DSC01483	444041.520983	5743910.273570	553.236907	0.100000	0.105343
✓ DSC01484	444040.743883	5743851.749231	552.911415	0.100000	0.108630
✓ DSC01485	444040.298966	5743793.399346	552.971924	0.100000	0.127109
✓ DSC01486	444039.555118	5743735.173092	553.404429	0.100000	0.139482
✓ DSC01487	444038.758260	5743673.188132	553.721967	0.100000	0.148752
Общая ошибка					0.05641

Рис. 2. Результаты ошибок выравнивания снимков по общим пикселям

Общая ошибка при выравнивании снимков по общим пикселям составляет 56 мм, что является хорошим результатом. Следующим этапом на разреженное облако точек наносятся координаты маркеров заранее расположенных на местности (рисунок 3)

Рис. 3. Расположение маркеров на местности, сетка 500 м.

По результатам нанесения марок анализируется итоговая точность ЦММ (рис. 4)

Камеры	Ошибка, долгота (м)	Ошибка, широта (м)	Ошибка, высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Ошибка, курс (градусы)	Ошибка, курс (градусы)
✓ DSC01480	0.000394	0.057412	0.043216	0.100000	0.071860		
✓ DSC01481	-0.007660	0.045365	0.095142	0.100000	0.105682		
✓ DSC01482	-0.015834	0.076803	0.062193	0.100000	0.100087		
✓ DSC01483	-0.030613	0.059913	0.081059	0.100000	0.105343		
✓ DSC01484	-0.024989	0.062652	0.085151	0.100000	0.108630		
✓ DSC01485	-0.040019	0.056731	0.106475	0.100000	0.127109		
✓ DSC01486	-0.050292	0.019244	0.128669	0.100000	0.139482		
✓ DSC01487	-0.085856	-0.018589	0.120043	0.100000	0.148752		
Общая ошибка	0.032558	0.032205	0.032943		0.056413		

Маркеры	Ошибка, долго	Ошибка, широт	Ошибка, высот	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекция	Ошибка (пикс)
172	-0.021739	0.009602	-0.043758	0.005000	0.049794	7	0.492
147	0.043107	0.011102	-0.029427	0.005000	0.053361	7	0.349
135	0.024484	-0.045644	0.024253	0.005000	0.057193	8	0.529
149	0.060645	0.033985	0.075486	0.005000	0.102620	8	2.259
134	0.036937	0.123970	-0.063204	0.005000	0.143971	8	0.610
133	0.070636	-0.076447	-0.108328	0.005000	0.150228	9	0.898
173	-0.067118	-0.142910	-0.099539	0.005000	0.186645	6	0.529
174	-0.203293	-0.014396	-0.045590	0.005000	0.208839	8	0.540
148	-0.001284	-0.185423	-0.096344	0.005000	0.208963	10	1.103
Общая ошибка							
Опорные то...							
Контрольн...	0.080827	0.094092	0.071543	0.143194	1.007		

Рис. 4. Итоговая точность по контрольным точкам.

Полученная точность по принятым координатам центров снимков с контрольными точками на земле (без оптимизации с коэффициентом $f = 5833.3$) составляет 0,14 м. Точность с оптимизацией по небу см. рис. 5 (используя коэффициент $f = 5670$) равна 0,12 м.

Маркеры	Ошибка, долго	Ошибка, широт	Ошибка, высот	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекция	Ошибка (пикс)
135	0.048928	-0.015822	0.069778	0.005000	0.086679	8	1.21
149	0.100371	0.082646	-0.011359	0.005000	0.130513	8	1.02
148	0.011410	-0.127631	-0.049154	0.005000	0.137244	10	0.83
173	-0.033491	-0.101315	0.100723	0.005000	0.146736	6	1.24
174	-0.177998	-0.015490	-0.008097	0.005000	0.178854	8	1.44
134	0.048292	0.176650	0.030285	0.005000	0.185619	8	1.05
Общая ошибка							
Опорные то...							
Контрольн...	0.080164	0.089012	0.047080		0.128709		1.13

Рис. 5. Итоговая точность по контрольным точкам (с оптимизацией).

Второй метод основан на использовании координат центров снимков (небо) и координат опорных марок на земле в одной системе для калибровки оптических характеристик в автоматическом режиме.

Выравнивая загруженные фотографии в программе Metashape анализируем результаты ошибок выравнивания снимков после оптимизации, ошибка между центрами снимков составляет 91 мм (рис. 6).

Камеры	Долгота	Широта	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Курс (°)	Та...
✓ DSC01...	74.187618	51.823709	520.796000	0.100000	0.116304		
✓ DSC01...	74.187620	51.823153	521.578000	0.100000	0.079067		
✓ DSC01...	74.187619	51.822632	521.638000	0.100000	0.097766		
✓ DSC01...	74.187614	51.822108	521.543000	0.100000	0.088776		
✓ DSC01...	74.187612	51.821582	521.217000	0.100000	0.080515		
✓ DSC01...	74.187615	51.821058	521.277000	0.100000	0.080483		
✓ DSC01...	74.187614	51.820534	521.709000	0.100000	0.070578		
✓ DSC01...	74.187613	51.819977	522.026000	0.100000	0.095830		
Общая ошибка					0.091298		

Рис. 6. Результаты ошибок выравнивания снимков после оптимизации

Точность с оптимизацией по небу совместно с опорными маркерами (контрольные марки не участвовавшие в оптимизации 173, 147, 149, 134) равна: контрольная точность 0,15 м, опорная точность 0,06 м. (рис. 7)

Маркеры	Долгота	Широта	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекция	Оп...
147	74.163297	51.829053	218.661000	0.005000	0.135069	7	0.14
✓ 148	74.170561	51.829300	215.635000	0.005000	0.109430	10	0.46
149	74.177167	51.829406	217.347000	0.005000	0.119566	8	0.40
✓ 172	74.176514	51.833547	218.365400	0.005000	0.027030	7	0.15
173	74.169586	51.833100	218.195700	0.005000	0.147370	6	0.32
✓ 174	74.162803	51.832947	213.441000	0.005000	0.064293	8	0.35
Общая ошибка							
Опорные то...					0.061371		0.35
Контрольны...					0.157950		0.30

Рис. 7. Итоговая точность по контрольным точкам.

Третий метод основан на использовании координат марок на земле для оптимизации оптических характеристик фотокамеры (метод применяется в случае отсутствия высокоточных центров фотографий или в случае если используются различные системы координат не уравненные между собой земля небо).

Точность с оптимизацией по земле представлена на рис. 8 (контрольные точки не участвовавшие в оптимизации 172, 174, 135, 133) получилась равной 0,05 м (контрольная), 0,10 м (опорная)

Маркеры	Ошибка, долго	Ошибка, шир	Ошибка, высот	Точность (м)	Ошибка (м)	Проекция	Оп...
174	-0.089694	0.038867	0.004361	0.005000	0.097850	8	0.35
✓ 147	0.048601	0.062568	-0.001227	0.005000	0.079236	7	0.16
✓ 149	0.038929	0.058907	0.021248	0.005000	0.073736	8	0.40
133	0.022941	-0.038170	-0.000446	0.005000	0.044536	9	0.45
135	-0.031563	-0.008408	-0.006149	0.005000	0.033238	8	0.21
172	0.003497	-0.003176	-0.009707	0.005000	0.010796	7	0.16
Общая ошибка							
Опорные то...					0.105005		0.35
Контрольны...					0.056523		0.31

Рис. 8. Итоговая точность по контрольным точкам.

Согласно требованиям «Инструкции» [5] остаточные средние расхождения высот на опорных геодезических точках после внешнего ориентирования маршрутной или блочной сети не должны превышать 0,15 высоты сечения рельефа, а расхождения плановых координат - 0,2 мм в масштабе карты (плана).

Средние расхождения уравненных высот и геодезических отметок контрольных точек не должны превышать:

а) 0,2h сеч - при съемках с высотой сечения рельефа 1 м, а также при съемках в масштабах 1:1000 и 1:500 с сечением 0,5 м;

б) 0,25h сеч - при съемках с высотой сечения рельефа 2 и 2,5 м, а также при съемках в масштабах 1:2000 и 1:5000 с сечением 0,5 м;

в) 0,35h сеч - при съемках с высотой сечения рельефа 5 и 10 м.

Средние расхождения в плановом положении контрольных точек не должны быть более 0,3 мм.

Предельно допустимые расхождения, равные удвоенным средним, могут встречаться не чаще чем в 5% случаев в открытых районах и 10% - в залесенных районах [5].

Таблица - 1

Контрольные точности по трем методам

	1 - й метод		2- й метод (оптимиз. небо + земля)	3 – й метод (оптимиз. земля)
	коорд. центров снимков	оптимиз. по небу		
Опорная точность	-	-	0,06 м	0,10 м
Контрольная точность	0,14 м	0,12 м	0,15м	0,05м

Полученная в результате погрешность существенно ниже допуска, поэтому цифровая аэрофотосъемка является достаточно точным и высокопроизводительным методом производства топографических работ.

1. Амелин К.С., Антал Е.И., Васильев В.И., Граничина Н.О. Адаптивное управление автономной группой беспилотных летательных аппаратов. Сборник научных трудов «Стохастическая оптимизация в информатике». Том 5. Санкт-Петербургский Государственный Университет, 2009. С. 157 – 166.
2. Тихонов А.А., Акматов Д.Ж. Обзор программ для обработки данных аэрофотосъемки. Горный информационно - аналитический бюллетень, Москва, ГИАБ № 12, 2018. С. 192 – 198.
3. Martin Selecky, Tomas Meiser. Integration of Autonomous UAVs into Multi-agent Simulation. Prague, Acta Polytechnica, vol. 52, № 5/2012, p. 93 – 99.
4. Абламейко С.В., Апарин Г.П., Крючков А.Н. Географические информационные системы. Создание цифровых карт. - Минск. Институт кибернетики НАН РБ, 2000. – 276 с.
5. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. Москва, ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.

Старожилов В.Т.

Валерий Старожилов: необходимо принять к реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-мировой океан

*Тихоокеанский международный ландшафтный центр ШЕН ДВФУ, Дальневосточный
Федеральный университет
(Россия, Владивосток)*

doi: 10.18411/lj-04-2021-73

Аннотация

В работе рассматривается разработанная и сформулированная новая ландшафтная стратегия к пространственному развитию геосистемы континент-