

В. Г. Сальников^{1}, С. Р. Горобцов¹, А. М. Астапов¹, Н. А. Кирилов²*

Применение современных смартфонов с функцией LiDAR для топографической съемки масштаба 1 : 500

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

² ООО «Компания БКС», 630099, Россия, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: salnikov@ssga.ru

Аннотация. В настоящее время существует множество приборов для выполнения топографической съёмки, самые распространённые из них – электронные тахеометры, лазерные сканеры, спутниковые приемники, БПЛА и другие. Для обработки данных, полученных с помощью таких приборов, используется специализированное программное обеспечение, в том числе доступное и на смартфонах. С развитием технологий, увеличиваются возможности использования новейших современных смартфонов, а именно смартфонов компании Apple – iPhone 13 Pro и iPhone 14 Pro, оснащенных датчиком LiDAR, при выполнении топографической съемки. Но возникает вопрос о точности и надежности использования смартфона для выполнения топографической съемки. В статье проведено исследование возможности использования датчика LiDAR смартфона iPhone 14 Pro для выполнения топографической съемки масштаба 1:500.

Ключевые слова: LiDAR, смартфон, топографическая съемка, облако точек, геодезические измерения, мобильные приложения, программное обеспечение

V. G. Salnikov^{1}, S. R. Gorobtsov¹, A. M. Astapov¹, N. A. Kirilov²*

The use of modern smartphones with the LiDAR function for topographic survey at a scale of 1 : 500

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

² Limited Liability Company «BKS Company», Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: salnikov@ssga.ru

Abstract. Currently, there are many devices for performing topographic surveys, the most common of which are electronic total stations, laser scanners, satellite receivers, UAVs and others. To process the data obtained with the help of such devices, specialized software is used, including those available on smartphones. With the development of technology, the possibilities of using the latest modern smartphones, namely Apple smartphones – iPhone 13 Pro and iPhone 14 Pro, equipped with a LiDAR sensor, when performing topographic surveys, are increasing. But the question arises about the accuracy and reliability of using a smartphone to perform topographic surveys. The article studies the possibility of using the LiDAR sensor of the iPhone 14 Pro smartphone to perform a topographic survey at a scale of 1:500.

Keywords: LiDAR, smartphone, topographic survey, point cloud, geodetic measurements, mobile applications, software

Введение

В настоящее время существует множество приборов для выполнения топографической съёмки, самые распространённые из них – электронные тахеометры, лазерные сканеры, спутниковые приемники, БПЛА и другие.

С развитием технологий, смартфон может быть полезным инструментом при топографической съемке, так как он может предоставить доступ к различным приложениям и инструментам, которые могут помочь в работе. Также увеличиваются возможности использования новейших современных смартфонов, оснащенных датчиком LiDAR, при выполнении топографической съемки [1]. Здесь возникает вопрос о точности [2] и надежности использования смартфона для выполнения топографической съемки. Чтобы ответить на данный вопрос, авторами было проведено сравнение между измерениями электронного роботизированного тахеометра и измерениями, выполненными смартфоном Apple iPhone 14 Pro с датчиком LiDAR (рис. 1) [3].



Рис. 1. Сканер LiDAR в составе камеры iPhone 14 Pro/MAX

Целью данного исследования является исследование возможности использования датчика LiDAR смартфона iPhone 14 Pro для выполнения топографической съемки масштаба 1:500.

Актуальность исследования заключается в оценке возможности использования такого смартфона для выполнения геодезических задач, в удешевлении выполняемых с его помощью работ, а также в простоте и удобстве его выполнения.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- сравнить измерения электронного роботизированного тахеометра с измерениями, выполненными датчиком LiDAR на смартфоне;
- получить относительную точность измерения датчика LiDAR.

LiDAR в переводе с английского означает «Light Detection and Ranging» – обнаружение и определение дальности с помощью света. Используя инфракрасные импульсы света, датчик излучает импульс на объект. Обратный импульс от этого объекта позволяет рассчитать расстояние между датчиком и объектом.

Данную технологию можно применять для создания дополненной реальности при визуализации готовых инженерных решений [4].

В свою очередь, роботизированный тахеометр является одним из самых точных приборов, используемых в геодезии. Точность измерения расстояния достигает 1–2 мм, поэтому такой прибор можно принять эталоном для проверки относительной точности датчика LiDAR.

Методы и материалы

Предварительно было намечено 15 точек, которые были измерены сначала тахеометром, а затем отсканированы с помощью смартфона (рис. 2).



Рис. 2. Часть исходных точек для съемки

Точки выбирались таким образом, чтобы была возможность проанализировать изменения высоты, а также были видны особенности сканируемой местности, например, обочины, желоба, границы тротуара, центра люка ливневой канализации.

Исследование поставленной задачи начиналось с определения станции в условной системе координат при помощи роботизированного тахеометра, с дальнейшим выполнением тахеометрической съемки по отмеченным точкам.

Сканирование датчиком LiDAR на смартфоне выполнялось при помощи мобильного приложения 3D Scanner App [5-6]. В данном приложении перед съемкой были настроены параметры съемки (рис. 3):

- чем больше радиус съемки, тем больше точек набирается при сканировании;
- чем выше разрешение, тем детальнее будут выглядеть сканируемые объекты.

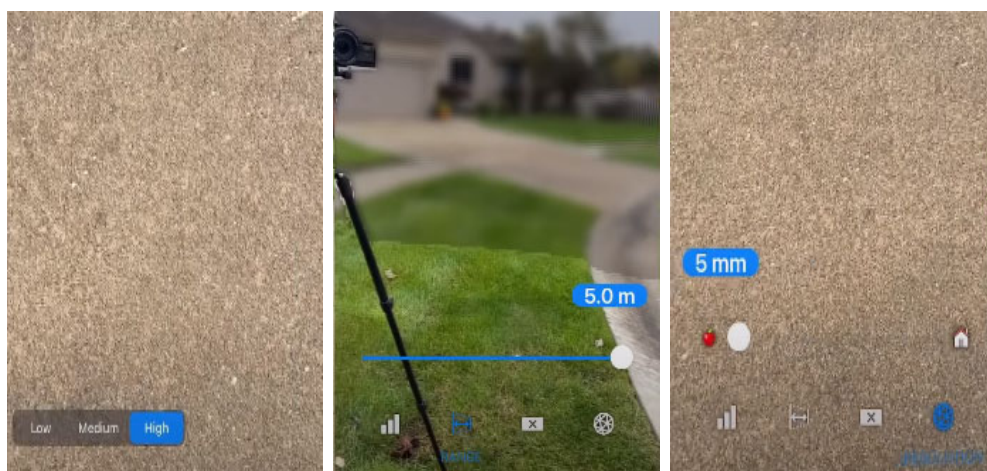


Рис. 3. Настройка параметров съемки в мобильном приложении 3D Scanner App

После внесения необходимых настроек в приложении, было выполнено сканирование небольшого участка (рис. 4).



Рис. 4 Процесс сканирования в мобильном приложении 3D Scanner App

Данные, измеренные тахеометром и отсканированное облако точек при помощи смартфона было загружено в программное обеспечение (ПО) Autodesk Civil 3D [7]. В данном ПО было выполнено выравнивание, т.е. накладывание облака точек на точки, измеренные с помощью тахеометра для того, чтобы облако точек имело ту же систему координат, что и точки, измеренные тахеометром (рис. 5).

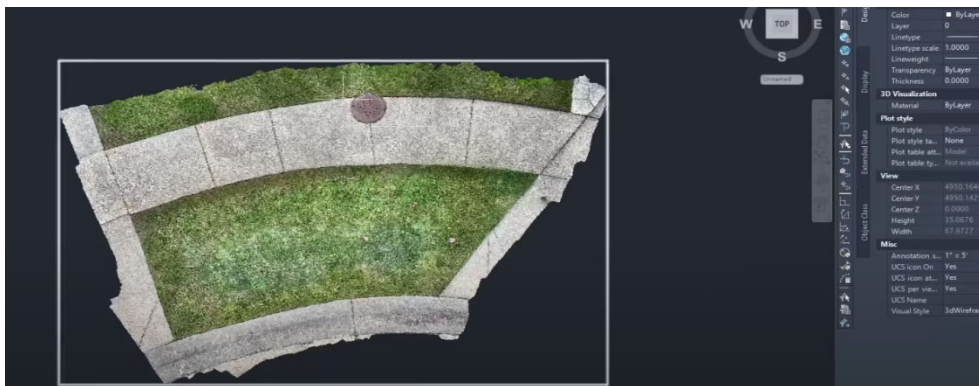


Рис. 5. Процесс выравнивания облака точек в ПО Civil 3D

После выравнивания, по отсканированным точкам, снятым тахеометром поочередно были созданы точки, для того чтобы извлечь координаты и высоты (рис. 6).

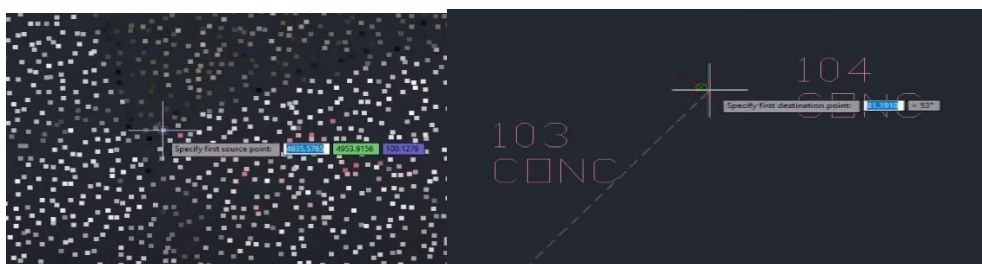


Рис. 6. Выравнивание облака точек в единую систему координат

Изменив визуализацию облака точек с помощью стилей, можно увидеть местоположение созданных точек (рис. 7).

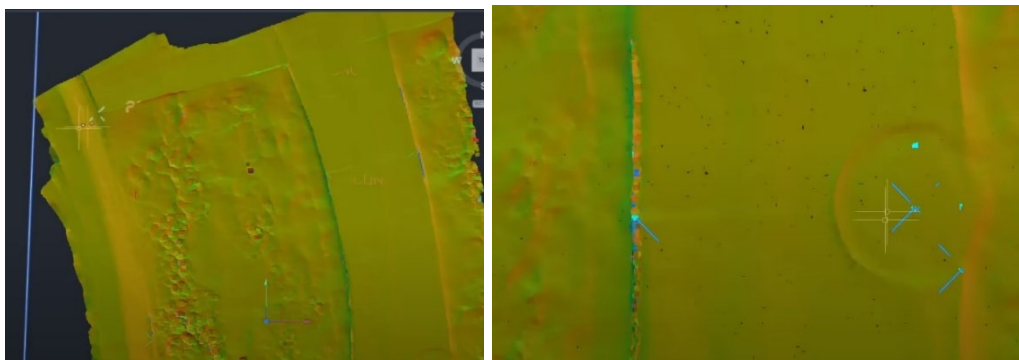


Рис. 7. Созданные точки в ПО Civil 3D

После того как были созданы все необходимые точки, было выполнено сравнение и анализ координат и высот между точками, измеренными с помощью тахеометра и точками, отсканированными смартфоном в ПО Microsoft Excel (рис. 8).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Control																
2	1	5000.00	5000.00	100.00	STP												
3	2	5024.01	5000.00	100.29	STP												
4	Total Station					iPhone 13 Pro LIDAR					ft	mm	ft	mm	ft	mm	
5	101	5014.55	4968.54	98.88	GUTTER	201	5014.59	4968.64	99.10	GUTTER	Delta (Northing)	(Metric)	Delta (Easting)	(Metric)	Delta (Elev)	(Metric)	
6	102	5014.91	4969.69	99.19	CURB	202	5014.99	4969.83	99.38	CURB	-0.04	-10.85	-0.10	-30.02	-0.22	-67.33	
7	103	5017.71	4979.40	99.53	CONC	203	5017.71	4979.38	99.61	CONC	-0.08	-25.29	-0.14	-43.00	-0.19	-59.31	
8	104	5019.08	4984.00	99.59	CONC	204	5019.11	4984.01	99.58	CONC	0.00	0.64	0.02	5.63	-0.09	-26.79	
9	105	5013.01	4985.61	99.54	PK	205	5013.09	4985.52	99.51	PK	-0.02	-6.88	-0.01	-3.23	0.01	2.04	
10	106	5011.85	4981.03	99.43	CONC	206	5011.93	4981.03	99.45	CONC	-0.08	-23.22	0.08	25.84	0.03	9.69	
11	107	5001.08	4982.43	99.41	CONC	207	5001.27	4982.33	99.31	CONC	-0.08	-25.32	0.00	1.06	-0.01	-4.48	
12	108	5001.24	4986.67	99.52	MHSS	208	5001.41	4986.55	99.34	MHSS	-0.19	-56.50	0.10	30.11	0.10	31.30	
13	109	5000.28	4987.41	99.55	CONC	209	5000.50	4987.26	99.35	CONC	-0.17	-51.60	0.13	38.16	0.18	56.23	
14	110	4987.59	4985.83	99.52	CONC	210	4987.94	4985.67	99.24	CONC	-0.22	-68.06	0.15	46.93	0.20	61.05	
15	111	4989.78	4981.34	99.45	CONC	211	4990.13	4981.25	99.23	CONC	-0.34	-104.12	0.16	47.45	0.28	84.15	
16	112	4997.10	4972.32	99.32	CURB	212	4997.31	4972.43	99.33	CURB	-0.35	-105.67	0.09	26.48	0.22	67.66	
17	113	4997.48	4971.16	98.92	GUTTER	213	4997.68	4971.25	99.02	GUTTER	-0.21	-63.91	-0.11	-33.95	0.00	-0.85	
18	114	5002.94	4972.49	99.25	CURB	214	5003.14	4972.58	99.35	CURB	-0.19	-58.67	-0.09	-27.15	-0.10	-30.20	
19	115	5002.86	4971.30	98.85	GUTTER	215	5003.03	4971.35	99.04	GUTTER	-0.20	-61.87	-0.08	-25.26	-0.10	-31.51	
20																	

Рис. 8. Сравнение и анализ координат и высот между точками

Проведенный анализ показал следующие результаты:

- максимальное и минимальное отклонение координаты по X составило 105,67 мм и 0,64 мм.
- максимальное и минимальное отклонение координаты по Y составило 47,46 мм и 5,37 мм.
- максимальное и минимальное отклонение высоты составило 84,15 мм и 0,85 мм.

Заключение

Несмотря на полученный результат исследования, использование смартфона при топографической съемке все еще является актуальным. На данный момент смартфон не может заменить собой высокоточные геодезические приборы, такие как тахеометры и наземные лазерные сканеры, т.к. смартфон не является профессиональным инструментом для топографической съемки, и его использование может быть ограничено в зависимости от условий работы, но, тем не менее, смартфон можно использовать при выполнении топографической съемки в качестве «помощника» и оперативно получить предварительные данные с меньшими затратами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. iPhone LiDAR with applications for the geosciences (2022) // OpenTopography URL: <https://opentopography.org/blog/iphone-lidar-applications-geosciences>.
2. Gillihan, R. N. Accuracy comparisons of iPhone 12 Pro LiDAR outputs (2021) M.S., Media Forensics Program. URL: https://artsandmedia.ucdenver.edu/docs/librariesprovider27/ncmf-docs/theses/gillihan_thesis_fall2021.pdf?sfvrsn=8f32a1ba_2.

3. Apple unveils new iPad Pro with breakthrough LiDAR Scanner and brings trackpad support to iPad OS (2020) // Apple newsroom. URL: <https://www.apple.com/newsroom/2020/03/apple-unveils-new-ipad-pro-with-lidar-scanner-and-trackpad-support-in-ipados/>.
4. Сальников В. Г., Горобцов С. Р. Применение дополненной реальности при визуализации готовых инженерных решений // Российский форум изыскателей : Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2022. – С. 107–110.
5. 3d Scanner App: official website (2022). URL: <https://3dscannerapp.com/>
6. How accurate are LiDAR Scans (2022) // 3d Scanner App: official website. URL: <https://docs.3dscannerapp.com/faq/lidar-scan-accuracy>.
7. Горобцов С. Р., Сальников В. Г. Анализ программного обеспечения для составления генерального плана строительных площадок // Российский форум изыскателей : Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. – Москва, 2022. – С. 53–58.

© В. Г. Сальников, С. Р. Горобцов, А. М. Астапов, Н. А. Кирилов, 2023