

## ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ НАЗЕМНОГО ФОТОГРАМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ IPHONE 12 PRO ТА VIDOC RTK ROVER

Використання безпілотних повітряних суден (БПС) значно зросло за останні п'ять років завдяки прогресу в технологіях, зниженню вартості та їх універсальному застосуванню в різних галузях. Сьогодні це основний інструмент для проведення швидкого, економічно вигідного та точного дистанційного зондування землі. Використання БПС потребує отримання спеціальних дозволів на використання повітряного простору, підготовки кваліфікованих кадрів, залежність від погодних умов, також у зв'язку з учиненням за допомогою БПС терористичних актів (диверсій) росією, використання БПС ускладняється необхідністю завчасного отримання спеціального дозволу від Генерального штабу України. Всі ці фактори сприяють набуттю попиту проведення наземної фотограмметрія серед виконавців робіт.

Починаючи з 2020 року Apple Inc. Оновила лінійку гаджетів iPad Pro 2020 і iPhone 12 Pro (смартфон) додавши сенсор Light Detection and Ranging (LiDAR). Це привернуло увагу розробників програмних продуктів до розробки програм здатних в режимі реального часу на дисплеї смартфона будувати тривимірні моделі об'єктів (Pix4DCatch, Polycam, 3D Scanner App та EveryPoint та інші). Для збору даних про орієнтацію смартфон обладнаний датчиками IMU та GPS, але останній має низьку точність (~5 метрів в площині), цього не достатньо для виконання топографо-геодезичних робіт.

ViDoc RTK rover вирішує цю проблему забезпечуючи позиціонування в реальному часі (RTK). Будучи підключений до мережі постійно діючих референтних GNSS-станцій System.Net через мобільний інтернет-зв'язок отримуються RTK поправки, що забезпечують позиціонування з сантиметровою точністю. ViDoc RTK rover підключається до смартфона через Bluetooth таким чином, фотографії зроблені в програмі PIX4Dcatch отримують геоприв'язку з точністю RTK.

Моделлюючим об'єктом виступила земельна ділянка площею 0,22 га з розміщенням на ній парканом, офісною будівлею та господарськими спорудами у м. Біла Церква Київської області. Для здійснення оцінки точності перед початком виконання знімання по периметру ділянки були розміщені 6 контрольних точок. Координати яких визначені в режимі RTK в системі координат WGS84 GPS приймачем марки SOUTH S660P.

Після отримання фіксованого рішення RTK сигналу розпочався процес збору фотографій. Попередньо в налаштуваннях PIX4Dcatch встановлені значення при яких виконується фотографування, це дистанція в 30 см та кут в 20°, що забезпечує повздовжнє перекриття в 90%. Зауважимо, що знімання виконувалося лише з повздовжнім перекриттям по периметру земельної ділянки, таким чином щоб в межі фотознімку потрапили горизонтальна частина земної поверхні та вертикальна частина об'єктів (паркан, споруди). В результаті знімання зібрано 2445 знімків у форматі \*.jpeg що представляють вміст зображення та 4490 файлів Confidence.tiff і DepthMap.tiff, що представляють дані глибини LiDAR.

Проект знятий за допомогою Pix4DCatch та ViDoc RTK rover має декілька варіантів опрацювання. Один з варіантів це завантажити в хмарне рішення PIX4Dcloud для отримання наймиттевіших результатів або експорт проекту і обробка за допомогою PIX4Dmatic. Процес опрацювання даних фотограмметрії в PIX4Dmatic суттєво не відрізняється від аналогічних програмних продуктів, за виключенням можливості поєднати хмару точок, згенеровану із зображень, із хмарою, згенерованою з карт глибини LiDAR. Об'єднана хмара точок часто щільніша та повніша в тих областях, де традиційна фотограмметрія не може відтворити складні геометрії чи однорідні текстури. Загальна кількість точок в хмарі становила 31,5 млн. Роздільна здатність землі (GSD) становить 0,1 см.

Оцінка точності виконана по контрольним точкам, які не приймали участі в першому етапі вирівнювання фотографій та складає по осі X від -0,056 м до 0,017 м, по осі Y від -0,020 м до 0,024 м, по осі Z від -0,061 м до 0,023 м, максимальне значення помилки в пікселях становить 2,6 px.

Дослідженням встановлено, що за умови фіксованого рішення RTK при зйомці PIX4Dcatch у поєднанні з ViDoc RTK rover точність хмари точок відповідає заявленим показникам; сенсор LiDAR допомагає контролювати якість збору даних; хмара точок глибини створена з карт глибин LiDAR, може бути використана для заповнення прогалів на відбиваючих поверхнях.

За результатами дослідження хмари точок, отриманої за допомогою смартфона, Pix4DCatch та ViDoc RTK rover можна зробити наступні висновки: виконання наземної фотограмметрії даним комплектом не потребує спеціальних навичок та може досить швидко використовуватись у виробничих процесах; висока роздільна здатність камери смартфона підвищує якість та повноту хмари точок.

Даний комплект може використовуватись для поновлення інформації гірничих виробок, вирахуванню об'ємів складів порід та оперативної передачі даних органам управління.

Недоліком являється ускладнення знімання високих об'єктів (уступів, складів), який можна частково вирішити використавши телескопічну віху; для роботи без опорних точок потрібен якісний мобільний інтернет та пряма видимість супутників.