

Drony w kopalniach odkrywkowych – pomiar i obróbka krok po kroku

Bezzałogowiec nad odkrywką

Współpraca firm Colidrone z Częstochowy i Geoprojekt z Lubina w zakresie wykorzystania dronów w kopalniach odkrywkowych zaowocowała sprawdzonymi procedurami pozwalającymi realizować różnorodne prace akceptowane przez urzędy górnicze.

• Projekt i wykonanie nalogu

Każdy nalog fotogrametryczny zaczynamy od zaprojektowania osnowy. Przystępując do tej pracy, należy pamiętać, że różnice wysokości poziomów w kopalniach odkrywkowych potrafią przekraczać 100 m. Aby uzyskać precyzyjny obraz rozkładu błędów, fotopunkty staramy się zatem

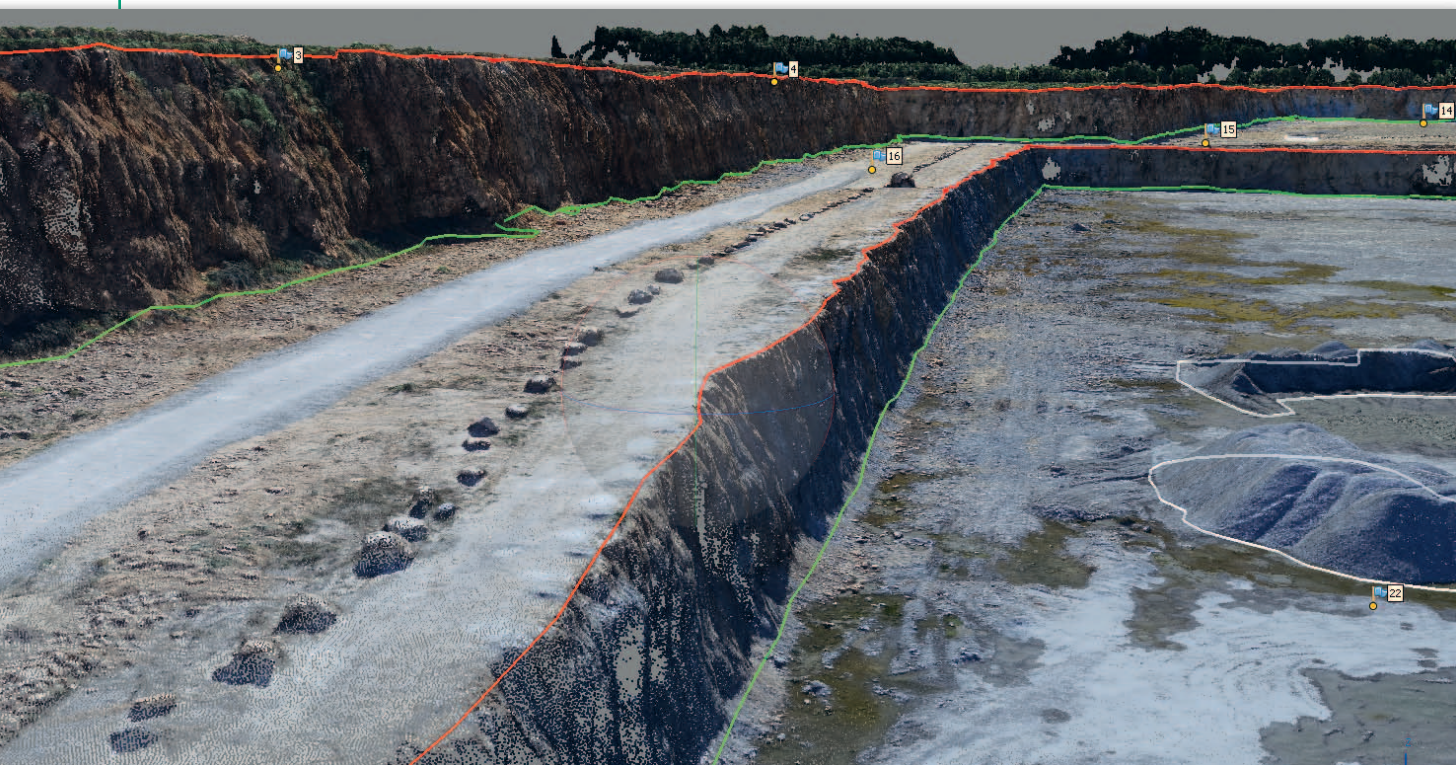
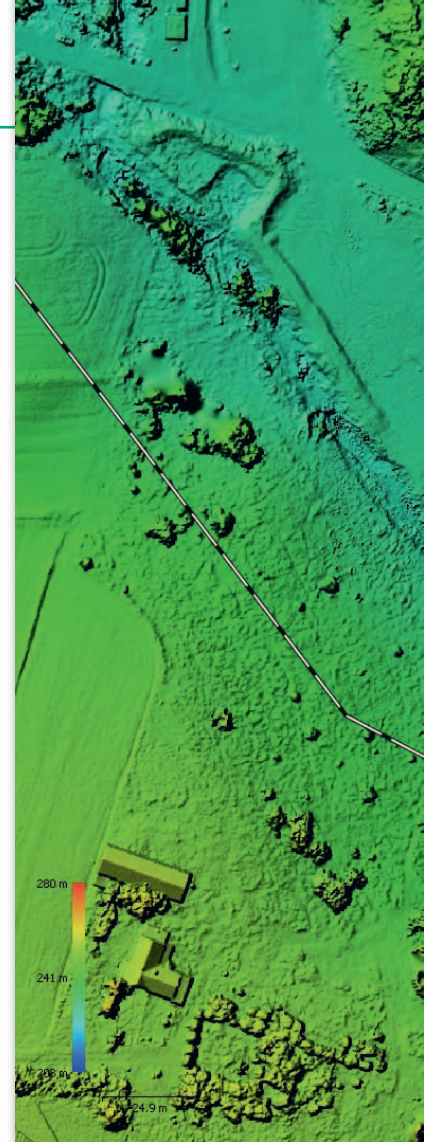
zakładać na każdym poziomie. Wprawdzie dysponując dronami z systemem precyzyjnego pozycjonowania (PPK), możemy zastosować mniej punktów, ale większa ich liczba pozytywnie wpływa na wyznaczanie parametrów orientacji wewnętrznej kamery.

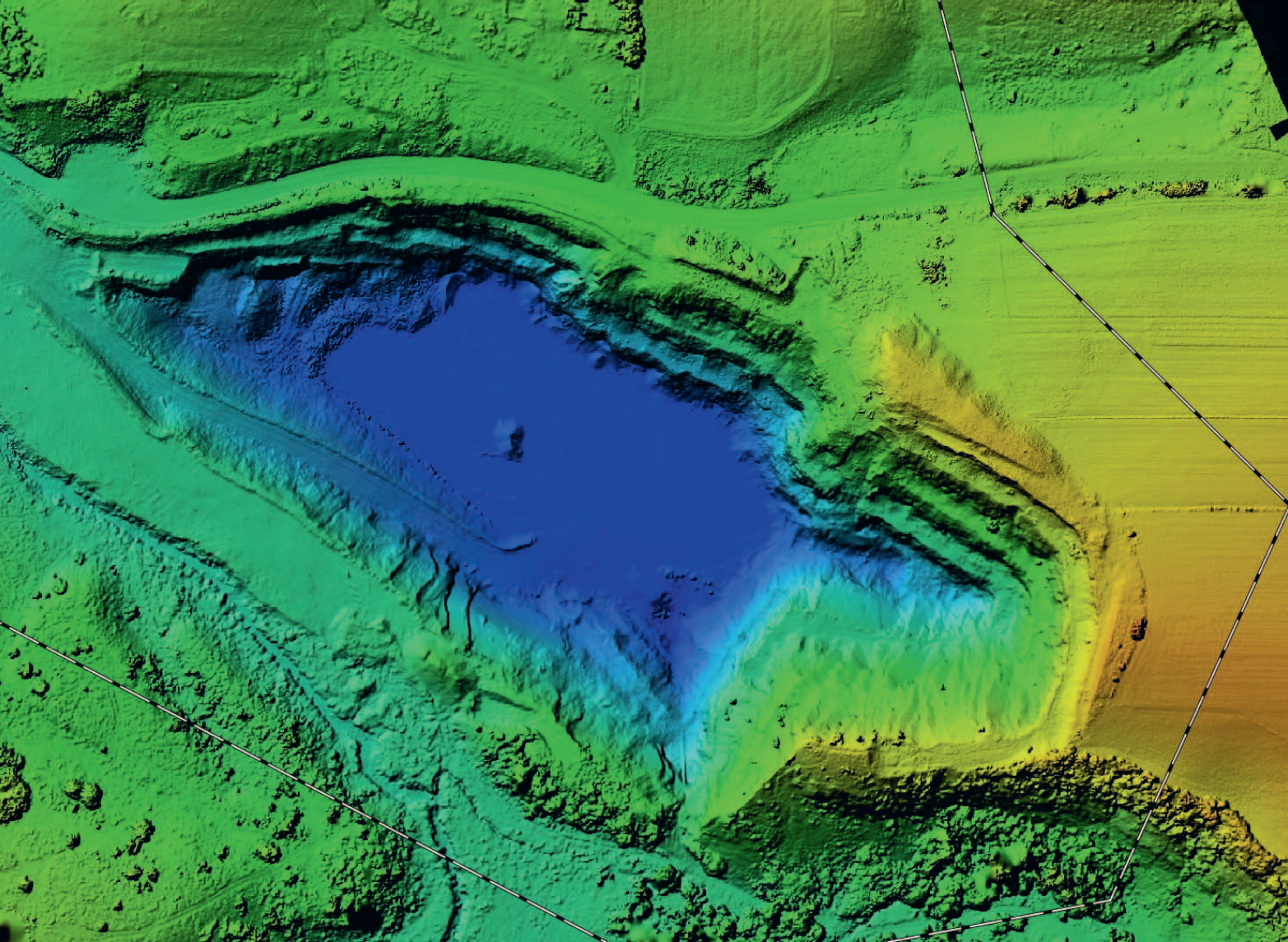
Duże przewyższenia mają także wpływ na pokrycie podłużne i poprzeczne zdjęć. Jest to istotne przy planowa-

niu nalogu w kolejnym etapie prac. Po zapoznaniu się z terenem i założeniu osnowy analizujemy dostępne warianty. Często jako lądowisko wybieramy zwałowisko albo najwyższy poziom kopalni. W takim przypadku należy obniżyć wysokość lotu względem miejsca startu, aby odnosiła się do średniej wysokości terenu, oraz zwiększyć pokrycie wzajemne tak, aby było wystarczające w przy-

padku najwyższych punktów opracowywanego obszaru.

Standardowa rozdzielczość w naszym przypadku to 3,5 cm, a pokrycie podłużne 70% i poprzeczne 50%. Parametry te wynikają z doświadczenia i kom-





Barwna mapa hipsometryczna kopalni odkrywkowej

promisu między nakładem prac a uzyskiwaną dokładnością. Następnie uwzględniamy jeszcze kierunek oraz prędkość wiatru i otrzymujemy gotowy plan lotu. Sam nalot wykonywany jest zgodnie z obowiązującym prawem lotniczym przy jednoczesnym zachowaniu warunków BHP danego zakładu.

• Opracowanie danych

Prace kameralne rozpoczynamy od obróbki zdjęć. Na wstępie korygujemy kolorystykę za pomocą rozciągnięcia histogramu. Nie poprawia to dokładności wykrywania punktów wiążących, ale znacząco wpływa na końcowy efekt wizualny.

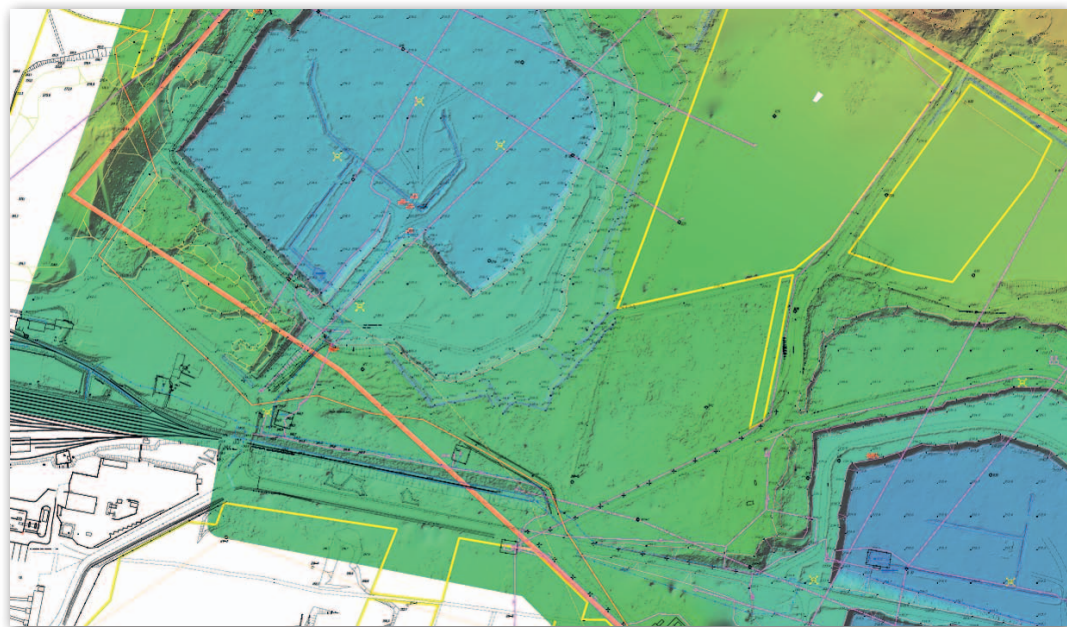
Następnie wyznaczamy środki rzutów metodą PPK

i wprowadzamy razem ze zdjęciami do specjalistycznego oprogramowania. Aplikacja w pierwszym kroku łączy zdjęcia, wyszukując punkty wiążące. Warto odnotowania jest to, że im dokładniej wyznaczone zostały elementy

orientacji zewnętrznej, tym krócej trwa proces. Potem następuje odrzucenie punktów wiążących z dużym błędem i wyrównanie sieci.

Na tym etapie zawsze wyłączamy część punktów z wyrównania i pozostawiamy je

jako punkty kontrolne. Pozwala nam to uzyskać później wiarygodną informację o błędach modelu. Niestety, wiele firm świadczących usługi z wykorzystaniem dronów dezinformuje swoich klientów, podając jako błędy



Po lewej: krawędzie wyrysowane na gęstej chmurze punktów

Po prawej: fragment mapy wyrobiska na podkładzie z numerycznego modelu pokrycia terenu



Ortofotomapa przedstawiająca piaskownię Obora KGHM

modelu te na fotopunktach, które tak naprawdę są nawiązaniem.

Na końcu standardowej procedury uzyskujemy model 3D i ortofotomapę.

• Sporządzenie dokumentacji

Tak przygotowany materiał pomiarowy przekształcamy do postaci dokumentacji mierniczo-geologicznej. Do głównych zadań geodety na terenie wyrobiska należy pomiar zmieniających się skarp złoza, nadkładu oraz zwałowiska. Te najłatwiej zwektoryzować na gęstej chmurze punktów. Z pozyskanych danych generujemy więc model z oczkiem około 10 cm, który jest na tyle szczegółowy, że nie mamy problemów z jednoznacznym określeniem krawędzi. Aplikacje Agisoft czy Pix4D bardzo dobrze radzą sobie z wyświetlaniem tego typu modeli i zapewniają płynność pracy.

Natomiast jeżeli klient nie potrzebuje tak dokładnego odwzorowania, to rozrzedzamy chmurę, zachowując przy tym już zwektoryzowane krawędzie.

Jeśli dysponujemy pełną informacją o terenie, a nie jedynie zestawem pikiet, jesteśmy w stanie wierniej wykreślić przekroje i profile. Ponadto w każdym miejscu możemy zweryfikować parametry bezpieczeństwa, np.: szerokość półek czy kąt nachylenia skarpy wyrobiska. Dokonując cyklicznych oblotów, dużo łatwiej oblicza się też różnice objętości – my wykorzystujemy do tego rastry różnicowe.

Wszystkie zwektoryzowane dane eksportujemy do programów graficznych, gdzie redagujemy ostateczną mapę. Bardzo ważną kwestią jest akceptacja sporządzonej przez nas dokumentacji przez urzędy górnicze. Wymóg kontroli dokładności spełniamy poprzez pomiar kontrolny na

minimum dwóch punktach osnowy państwowej przy zakładaniu fotopunktów oraz podanie błędów na punktach kontrolnych. Te ostatnie traktowane są jako błąd położenia punktu na modelu.

• Cenne doświadczenia

Powyższa procedura stosowana jest przez firmy Colidrone i Geoprojekt od blisko 4 lat. Mierniczy górniczy, a zarazem właściciel Geoprojektu Adam Karol jako jeden z pierwszych w kraju wdrożył pomiary fotogrametryczne w piaskowni Obora KGHM. Również na przykładzie tego obiektu została wypracowana ścieżka składania dokumentacji do urzędów górniczych. Piaskownia Obora to ciekawy obiekt pomiarowy także z innego względu. Za każdym razem realizujemy tu pomiar podwójnie bezzałogowy – łączymy chmurę punktów z autonomicznego drona z chmurą punktów z bezzałogowej łód-

ki wykonującej pomiar batymetryczny. Potrzeba taka wynika stąd, że część wydobywania prowadzona jest spod wody. Podobne pomiary przeprowadziliśmy na zlecenie Grupy Kapitałowej PGE na innym obiekcie, gdzie mierzyliśmy zbiornik o powierzchni 3,5 km kw., trudno dostępny dla pomiarów klasycznych ze względu na niestabilne podłoże [patrz GEODETA 10/2017 – red.]. Wspomniane prace oraz wiele innych realizacji przekonały nas do stosowania fotogrametrii niskiego pułapu.

Kamil Kaczorowski
Colidrone

Więcej przykładów zastosowań dronów w praktyce geodezyjnej, a także zestawienia i opisy sprzętu oraz oprogramowania do przetwarzania danych z UAV publikujemy w bezpłatnym dodatku DRONY DLA GEODETY (od 11 czerwca już do pobrania na Geoforum.pl)