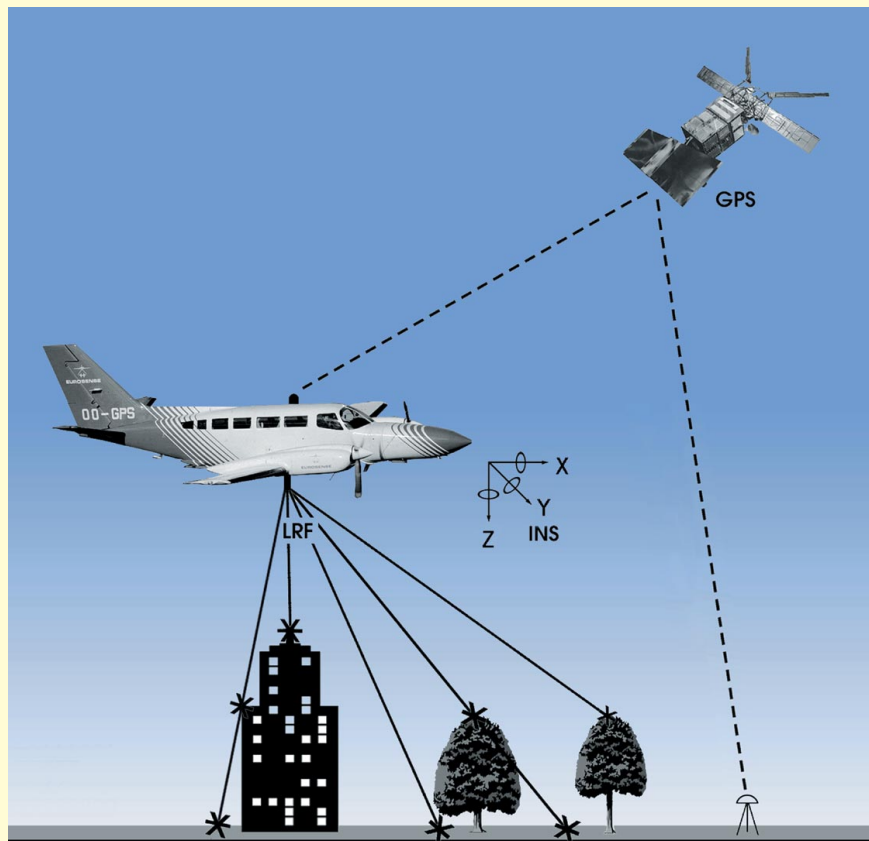


Lotniczy skaner laserowy – nowa technologia
pozyskiwania danych o rzeźbie terenu

DTM inaczej

ZDZISŁAW KURCZYŃSKI

Rośnie zapotrzebowanie na wiarygodną i dostarczaną w krótkim czasie informację o rzeźbie terenu. Również w kraju, szczególnie po powodzi latem 1997 r., wzrosła świadomość znaczenia takich informacji. Czynione są przygotowania do budowy Numerycznego Modelu Rzeźby Terenu (DTM – Digital Terrain Model) o zasięgu krajowym. • ródłem danych dla budowy DTM jest fotogrametryczne opracowanie zdjęć lotniczych lub istniejące, tradycyjne opracowania kartograficzne. W ostatnich latach pojawiło się nowe źródło: lotniczy skaner laserowy. Zalety tej techniki wskazują, że w zakresie budowy precyzyjnych DTM wyprze ona tradycyjne zdjęcia lotnicze.



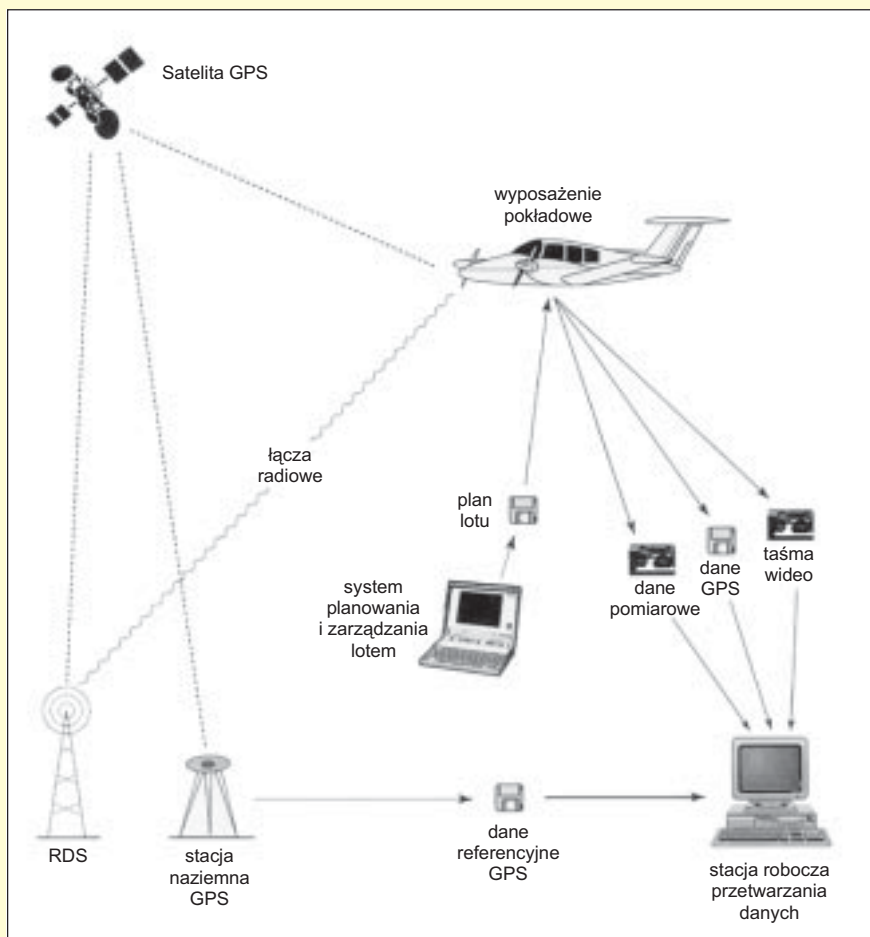
Rys. 1. Zasada działania lotniczego skanera laserowego

Zasada działania

Ideę skaningu laserowego można sprowadzić do zasady laserowego pomiaru odległości z lecącego samolotu (helikoptera) do punktów powierzchni terenu. Jeżeli gęstość terenowych punktów pomiarowych jest duża (taka np. że ich średnia odległość wynosi metr do kilku metrów), to w efekcie uzyskuje się quasi-ciągłą, przestrzenną reprezentację powierzchni terenu.

W praktyce promień dalmierza laserowego poprzez zwierciadło skanujące i układ światłowodów „przeczesuje” teren w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku lotu. Laser działa impulsowo i z dużą częstotliwością „próbkuje” teren. Energia częściowo odbita od powierzchni terenu jest przez układ optyczny skanera odbierana i rejestrowana. Tak jak w tradycyjnym dalmierzu laserowym, na podstawie pomiaru czasu powrotu odbitego sygnału, określa się odległość: samolot – punkt terenowy.

Z dalmierzem synchronicznie współpracuje system GPS określający pozycję samolotu, z której wysłano impuls, oraz inercjalny system nawigacyjny określający aktualne nachylenia



Rys. 2. Komponenty techniki lotniczego skaningu laserowego

kątowe platformy, na której zamontowana jest optyczna głowica skanująca. Integracja danych z tych trzech systemów pomiarowych daje położenie, z którego wykonano pomiar odległości, samą odległość i jej kierunek w przestrzeni. Pozwala to określić współrzędne punktu terenowego X, Y, Z, w który w danym momencie był wycelowany laser.

Nietrudno dostrzec, że – na poziomie idei – lotniczy skaner laserowy działa jak szybki tachimetr elektroniczny, toteż system ten nazywany jest „lotniczą total station”.

Architektura systemu

Na system lotniczego skaningu laserowego składają się dwa segmenty: pokładowy (latający) i naziemny. W skład segmentu pokładowego wchodzi:

- dalmierz laserowy (LRF – Laser Range Finder),
- system pozycjonowania trajektorii lotu oparty na GPS (Global Positioning System),
- inercyjny system nawigacyjny INS (Inertial Navigation System),

- kamera (lub kamery) wideo,
 - blok rejestracji danych,
 - system planowania i zarządzania lotem.
- Na segment naziemny składa się:

- naziemna, referencyjna stacja GPS,
- stacja robocza do obróbki i przetwarzania danych i generowania wynikowego DTM (tryb off-line).

Dalmierz laserowy (LRF) działa w zakresie podczerwieni (bliska podczerwień, do 1540 nm) lub (rzadziej) w zakresie widzialnym. Dalmierz działa impulsowo, z częstotliwością rzędu kilku kHz. Oznacza to próbkowanie (pomiar odległości) do kilku tysięcy punktów na sekundę. Promień lasera poprzez optyczny układ skanujący (zwierciadło obrotowe lub oscylujące) kierowany jest w płaszczyźnie poprzecznej do trajektorii lotu. W wyniku ruchu samolotu uzyskuje się w jednym przelecie obraz prostokątnego pasa terenu. Impuls laserowy dociera do powierzchni terenu i jest przez nią rozpraszany. Tylko znikoma część energii odbija się w kierunku samolotu i może być zarejestrowana przez optyczny układ odbiorczy, a na jej podstawie – okre-

ślona odległość. Oznacza to, że laser musi być odpowiednio silny, znacznie silniejszy od używanych w zwykłych dalmierzach naziemnych, gdzie odbicie następuje od lustra na drugim końcu mierzonej odległości. Moc lasera, jak również wymogi bezpieczeństwa nakładają ograniczenia zakresu działania skanerowego systemu laserowego. Dokładność pomiaru odległości jest bardzo wysoka – rzędu 1 cm.

Trajektoria lotu samolotu wyznaczana jest poprzez system GPS. Wykorzystuje się tu tzw. pomiar różnicowy (technologia dGPS – differential GPS), tj. mierzy się nie same współrzędne, lecz różnice współrzędnych między odbiornikiem (umiejscowionym na pokładzie samolotu) a odbiornikiem naziemnym (umiejscowionym na punkcie o znanych współrzędnych). Pozwala to uwolnić się od błędów związanych z zakodowaną fałszywą składową sygnału GPS oraz wpływem warstw atmosfery na transmitowany sygnał. W rezultacie trajektoria lotu samolotu może być wyznaczona z dokładnością nie gorszą niż 10 cm.

Inercyjny system nawigacyjny INS mierzy przyspieszenie wzdłuż trzech osi i zmiany kątowych pochylenia platformy. Sumowanie tych pomiarów w czasie pozwala wyznaczyć bardzo dokładnie trajektorię lotu samolotu (z błędem poniżej 2 cm) i kąty pochylenia sensorów zamontowanych na tej samej platformie co INS (w tym przypadku jest to głowica skanująca dalmierza laserowego). Wadą systemu INS jest dryft, powodujący spadek dokładności pomiaru pozycji i kątów nachylenia z upływem czasu. Połączenie systemów GPS i INS, charakteryzujących się różną i komplementarną propagacją błędów, daje zalety obu systemów: stabilność pomiaru GPS i precyzję INS. Pozwala to wyznaczyć dane o pozycji i kątach nachylenia z bardzo dużą dokładnością.

System planowania i zarządzania lotem zawiera wcześniej przygotowany plan lotu. W trakcie realizacji misji odbiornik GPS na bieżąco określa aktualne położenie samolotu. Pilot otrzymuje na monitorze informację graficzną i numeryczną o położeniu samolotu na tle wcześniej przygotowanego planu lotu. To pomaga precyzyjnie prowadzić samolot po osiach szeregów z dokładnością rzędu 40-70 m. W przypadku wymaganej większej dokładności realizacji lotu (np. zdjęcia lotnicze

w bardzo dużej skali) istnieje możliwość prowadzenia nawigacji opartej na pomiarze różnicowym dGPS. W takim przypadku komputer nawigacyjny uwzględnia poprawki do sygnału GPS poprzez łącze radiowe ze stacją naziemną GPS lub odbiór na kanale radiowym RDS.

System planowania i zarządzania lotem skanera laserowego nie różni się od podobnych systemów używanych podczas zwykłych misji fotogrametrycznych. Najczęściej odbiornik GPS systemu planowania i zarządzania lotem jest niezależny od odbiornika GPS do precyzyjnego pozycjonowania trajektorii lotu.

Ze skanerem laserowym może współpracować kamera wideo skierowana pionowo w dół. Kamera ta rejestruje na taśmie pas terenu szerszy od zasięgu lasera. Dla synchronizacji danych ze skanera laserowego z innymi sensorami każda klatka zapisu wideo ma zarejestrowany numer i dokładny czas. Oprócz kamery rejestrującej nadirowo można zainstalować drugą kamerę, skierowaną pod kątem 45° do przodu i dającą perspektywiczny wgląd w obrazowany teren. Obrazy wideo na etapie obróbki danych i budowy DTM są przydatne do interpretacji pokrycia terenu i filtrowania danych pomiarowych. Mogą stanowić również tani, samodzielny produkt w budowanym systemie GIS.

Z przedstawionego działania systemu skaningu laserowego wynika, że w efekcie pomiaru otrzymuje się gęstą sieć punktów o współrzędnych X, Y, Z w układzie współrzędnych WGS-84 lub przeliczonych na inny układ, reprezentujących terenowe punkty, od których odbił się promień lasera. Opisany proces jest prawie całkowicie zautomatyzowany. Nie jest to jednak produkt końcowy. Produktem finalnym jest zwykle model wysokościowy terenu (DTM) odniesiony do powierzchni gruntu. Wszystkie odbicia od obiektów nie leżących na powierzchni gruntu (jak budynki, drzewa, samochody, kable linii przesyłowej czy nawet ptaki) muszą być usunięte. Ten proces „czyszczenia” danych pomiarowych realizowany jest po misji (tryb off-line) i wymaga specjalistycznego oprogramowania i dość znacznych mocy obliczeniowych. Obróbka danych pomiarowych prowadzona jest interaktywnie i może być zautomatyzowana tylko do pewnego stopnia.

Komercyjne systemy skaningu laserowego. System TopEye

Od kilku lat trwa intensywny rozwój techniki skaningu laserowego. Już są dostępne komercyjne systemy (np. AIMS, ALTM 1020 TS, ALTM 1020 GG, DATIS, FLI-MAP 1, Saab TopEye, TopoSys). Czołowe firmy fotolotnicze oferują usługi w tym zakresie. Systemy te montowane są w samolotach lub (rzadziej) podwieszane pod helikopterem. Ze względu na ograniczoną moc laserów systemy takie mogą operować z wysokości lotu poniżej 1000 m, a szerokość obrazowanego pasa wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset metrów.

Przykładem komercyjnym jest system TopEye produkowany przez szwedzką firmę Saab. Pierwotnie był on pomyślany jako system podwieszany pod helikopter. Firma fotolotnicza Eurosense zaadaptowała go do pracy na pokładzie samolotu fotogrametrycznego Britten-Norman Islander.

Istnieje możliwość zmiany parametrów systemu (kąta skanowania, zbieżności wiązki lasera, częstotliwości skanowania, częstotliwości próbkowania i wy-

sokości lotu). W rezultacie uzyskuje się różną szerokość obrazowanego pasa z różną gęstością punktów pomiarowych. Daje to duże możliwości doboru reżimu pracy systemu do potrzeb konkretnego zadania (możliwy jest wybór spośród 40 ustawień).

Planowanie i realizacja lotu

Planowanie i realizacja misji skaningu laserowego niewiele różni się od planowania zwykłej misji fotogrametrycznej. Jeżeli rejestrowany obiekt jest bardzo wydłużony (np. linia energetyczna, rurociąg, droga, rzeka), to pokrywa się go pojedynczym szeregiem. Obiekt powierzchniowy, podobnie jak ma to miejsce w zdjęciach fotogrametrycznych, pokrywa się równoległymi szeregami z zachowaniem podwójnego pokrycia między sąsiednimi obrazowanymi pasami terenu (odpowiednik pokrycia poprzecznego). Takie pokrycie wynosi około 30% szerokości obrazowanego pasa. Dla przykładu, jeżeli opisany system Saab TopEye z wysokości 480 m obrazuje pas terenu o szerokości 349 m, to planuje się lot równoległymi szeregami w odstępnie 250 m, co daje w efekcie podwójne pokrycie około 30% obszaru.

Podstawowe parametry systemu Saab TopEye:

■ długość fali lasera	1064 nm
■ zasada skanowania	oscylujące lustro
■ częstotliwość próbkowania	1105-5270 Hz
■ częstotliwość skanowania	6,25-25 Hz
■ średnia odległość punktów pomiarowych w linii	0,47-3,95 m
■ średnia odległość punktów między liniami	0,00-9,60 m
■ poprzeczny kąt skanowania	± 20° (samolot), ± 10° (helikopter)
■ zbieżność promienia laserowego	1-8 mrad
■ średnica śladu plamki lasera (dla wys. lotu 480 m)	0,48 m (dla zbieżności 1 mrad)
■ maksymalna wysokość lotu	480 m
■ szerokość pasa obrazowania (z wys. 480 m)	349 m (dla kąta skan. ± 20°)
■ wymiary modułu pokładowego, waga	0,4 x 0,7 x 2,5 m (wsd), 320 kg
■ rejestracja wideo	dwie kamery wideo: nadirowa i pod kątem 45° do przodu
■ zapis danych	GPS: karta pamięci PCMCIA, dane pomiarowe: taśma Exabyte, wideo: Hi8 kolor
■ prędkość lotu samolotu	60 m/s (216 km/h)
■ nawigacja	system CCNS-4
■ częstotliwość zapisu pozycji (system dGPS)	co 0,5 s
■ system INS	Applanix
■ częstotliwość zapisu kątów nachylenia (system INS)	66 Hz (tj. co około 1 m trasy lotu)
■ dokładność określenia kątowych elementów nachylenia platformy skanującej	około 0,02° nachylenie i 0,03° skręcenie
■ możliwa rejestracja pojedynczego impulsu laserowego	do 5 odbić (ech)
■ separacja pionowa odbić pojedynczego impulsu (echo)	min. 1,5 m

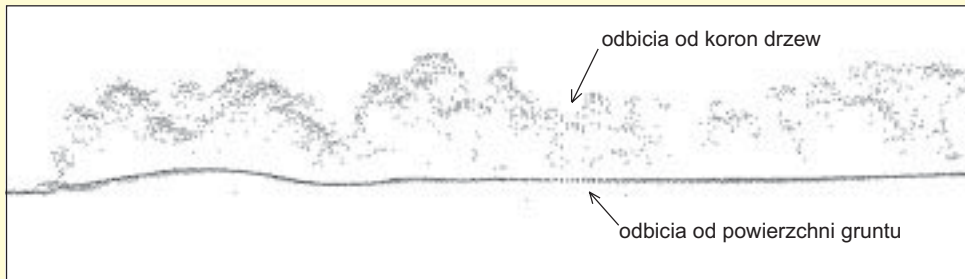
Na obiekcie (lub w jego pobliżu), na punkcie geodezyjnym (lub dwóch punktach) o znanych współrzędnych, ustawia się odbiornik GPS stanowiący stację referencyjną.

Taka płaszczyzna referencyjna – odpowiednik fotopunktu wysokościowego – na etapie opracowania wyników pozwala uwzględnić ewentualne systematyczne błędy wysokościowe w danych.

stawa chmur jest wyższa od wysokości lotu. Tylko silny deszcz i mgła, tj. warunki ograniczające penetrację promienia laserowego, stanowią przeszkodę. Oznacza to, że w naszych warunkach klimatycznych prawie połowa dni w roku to dni „lotne”. Stanowi to bardzo istotną przewagę nad zdjęciami lotniczymi.

Unikalną cechą lotniczego skanera laserowego jest możliwość przenikania przez warstwę roślinności. Ocenia się, że 20-30% impulsów laserowych latem i aż 70% zimą dociera do gruntu poprzez korony lasu szpilkowego. Przy dużej gęstości próbkowania jest stosunkowo łatwo – na etapie obróbki danych – odróżnić i wyeliminować odbicia od koron drzew od odbić od gruntu. Dodatkowo pomocne są echa, tj. wielokrotne odbicia od koron i gruntu jednego impulsu. Właściwości te czynią technologię skaningu laserowego przydatną na obszarach zalesionych, gdzie tradycyjne zdjęcia nie sprawdzają się. Trudności mogą jednak wystąpić w młodniku świerkowym o zwartym pokryciu koron.

W wyniku opracowania danych pomiarowych skanera laserowego uzyskuje się reprezentację powierzchni gruntu w formie pomiarowych punktów rozproszonych o wyznaczonych współrzędnych X, Y, Z. Średnia odległość tych punktów waha się zwykle w przedziale 1-5 m, co daje powyżej 100 000 punktów/km². Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że błąd wysokościowy tych danych (w rozumieniu błędu średniego) wynosi: $m_z = 0,15-0,25$ m.



Rys. 3. Profil z danych skanerowych przez obszar zalesiony

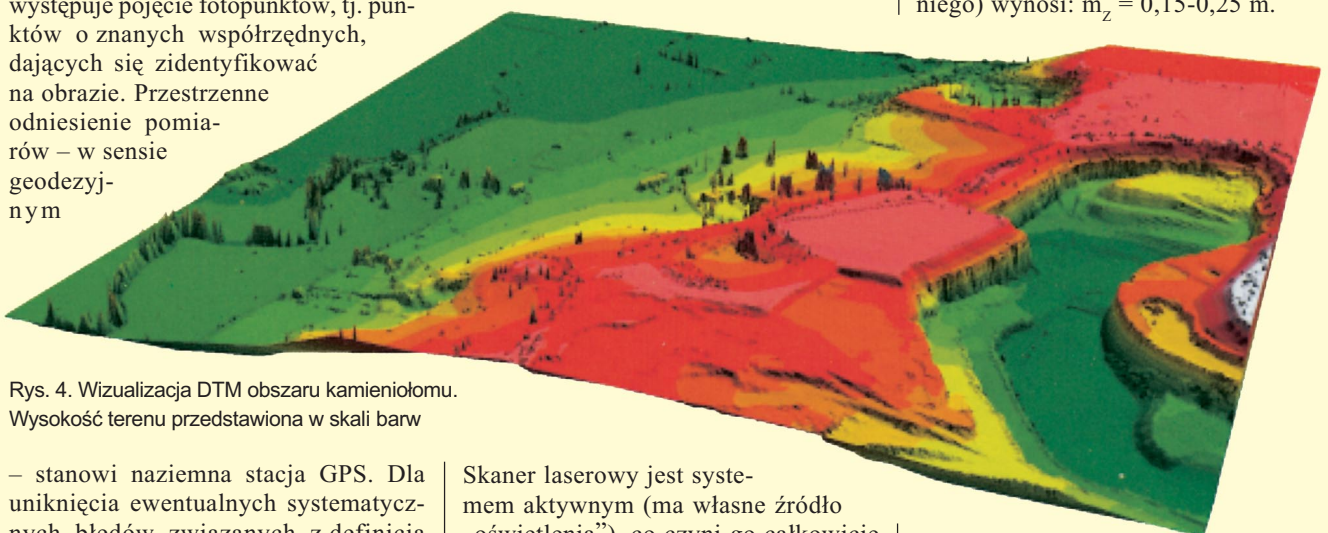
W późniejszej obróbce wyników pomiaru każdy szereg poddaje się wstępnej obróbce indywidualnie, uzyskując DTM w pasie terenu, a następnie łączy się te pasy w blok, wykorzystując przy tym dla kontroli wspólne pokrycie między szeregami. Nie ma w tym procesie odpowiednika technologii aerotriangulacji, standardowo występującej przy łączeniu zespołu zdjęć fotogrametrycznych w spójny geometrycznie blok. Pożądanym jest natomiast wzmocnienie równoległych szeregów dodatkowymi szeregami poprzecznymi – zwykle dwoma. Stanowi to element kontrolny, wykorzystywany na etapie obróbki danych i generowania spójnego DTM dla całego obszaru.

W technologii skaningu laserowego nie występuje pojęcie fotopunktów, tj. punktów o znanych współrzędnych, dających się zidentyfikować na obrazie. Przestrzenne odniesienie pomiarów – w sensie geodezyjnym

Ocena użyteczności technologii skaningu laserowego

Technologia skaningu laserowego, postrzegana jako źródło danych dla budowy Numerycznego Modelu Rzeźby Terenu (DTM), ma – w porównaniu z tradycyjnymi zdjęciami fotogrametrycznymi – szereg istotnych zalet, takich jak:

- niezależność od warunków oświetleniowych,
- znaczna niezależność od warunków pogodowych,
- penetracja poprzez pokrywą roślinną,
- bardzo wysoka dokładność wysokościowa danych pomiarowych,
- krótki czas uzyskania produktu końcowego i relatywnie niski koszt.



Rys. 4. Wizualizacja DTM obszaru kamieniołomu. Wysokość terenu przedstawiona w skali barw

– stanowi naziemna stacja GPS. Dla uniknięcia ewentualnych systematycznych błędów związanych z definicją układu WGS-84, redukcją ekscentru anteny odbiorczej GPS w stosunku do położenia skanera czy innych wpływów pożądanym jest zaniwelowanie na obiekcie poziomej płaszczyzny (zwykle jednej – min. 0,5 ha, np. boisko sportowe).

Skaner laserowy jest systemem aktywnym (ma własne źródło „oświetlenia”), co czyni go całkowicie niezależnym od warunków oświetleniowych. Pora nocna obrazowania jest nawet korzystniejsza (ale nocą nie jest możliwa rejestracja wideo). Obrazowanie tą techniką jest możliwe nawet przy pełnym zachmurzeniu, o ile pod-

Dolny zakres tego przedziału dokładności odnosi się do obszarów odkrytych, a górny do obszarów pokrytych roślinnością, gdzie zachodzi potrzeba filtracji danych pomiarowych. W terenie górzystym o zalesionych stokach

należy się liczyć ze spadkiem dokładności do około 0,5-0,7 m.

Tak odfiltrowane dane stanowią produkt końcowy. Jakość tych danych pozwala – jeśli jest taka potrzeba – łatwo generować DTM w formie regularnej siatki kwadratów (tzw. siatka wtórna – model GRID) o boku w zakresie 5-10 m.

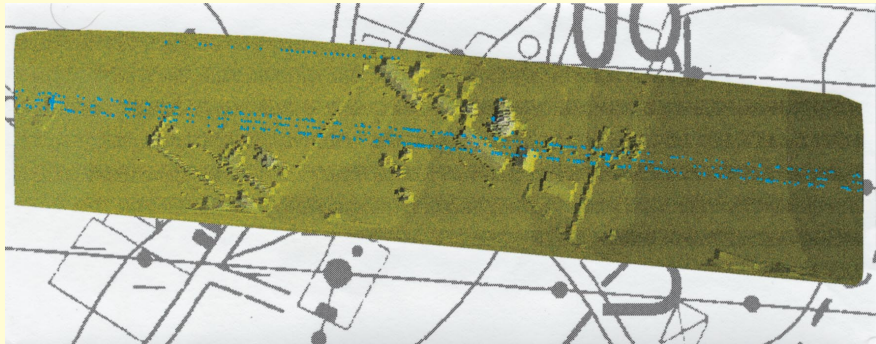
Wydatność technologii lotniczego skaningu laserowego ocenia się na kilkadziesiąt kilometrów kwadratowych obrazowanej powierzchni w ciągu godziny lotu. Dokładna ocena zależy od parametrów geometrycznych użytego systemu i kształtu obrazowanego obiektu (większa dla pojedynczego długiego szeregu, mniejsza dla powierzchniowego obszaru o nieregularnych kształtach pokrywanego równoległymi szeregami).

Wyniki końcowe opracowania – zwykle w formie DTM – mogą być uzyskane wkrótce po nalocie (w ciągu 2-3 dni). Konieczna jest obróbka danych na komputerowej stacji roboczej z wykorzystaniem dość skomplikowanego oprogramowania. Obróbka ta, szczególnie na etapie „filtrowania” danych (odfiltrowanie obiektów wystających z powierzchni terenu, jak domy, drzewa, samochody) wymaga interaktywnego działania operatora i jest dość czasochłonna – obróbenie danych z jednej godziny lotu zajmuje 2-3 godziny pracy stacji, a dla terenów trudnych nawet więcej (tam, gdzie jest konieczna częsta, interaktywna ingerencja operatora). Ten proces może być automatyzowany tylko do pewnego stopnia. Stosuje się różne rodzaje filtrów (zależnie od morfologii terenu, pokrycia roślinnością, filtrowanych obiektów itp.). Ocenia się, że tą drogą można odfiltrować automatycznie do 95% roślinności (ze względu na duże obciążenie robi się to zwykle w trybie wsadowym). Nadal jednak pozostaje znaczący, czasochłonny, interaktywny udział operatora.

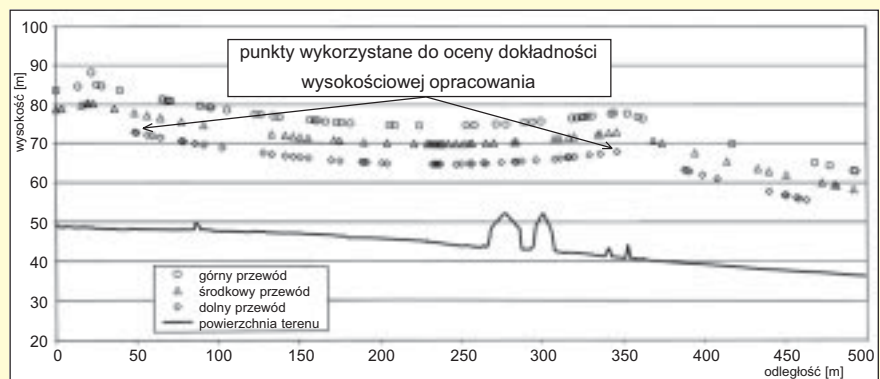
Ocenia się, że koszty produktu finalnego (tj. DTM) uzyskanego tą drogą są niższe od uzyskanego z opracowania tradycyjnych zdjęć lotniczych. Na ten koszt znaczący wpływ ma gęstość punktów pomiarowych, decydująca o czasochłonności procesu obróbki danych. Porównując koszty, należy mieć na uwadze, że ekwiwalentne (co do dokładności) wyniki można byłoby uzyskać ze zdjęć fotogrametrycznych w skali około 1:8000, wykonanych kamerą szeroką.



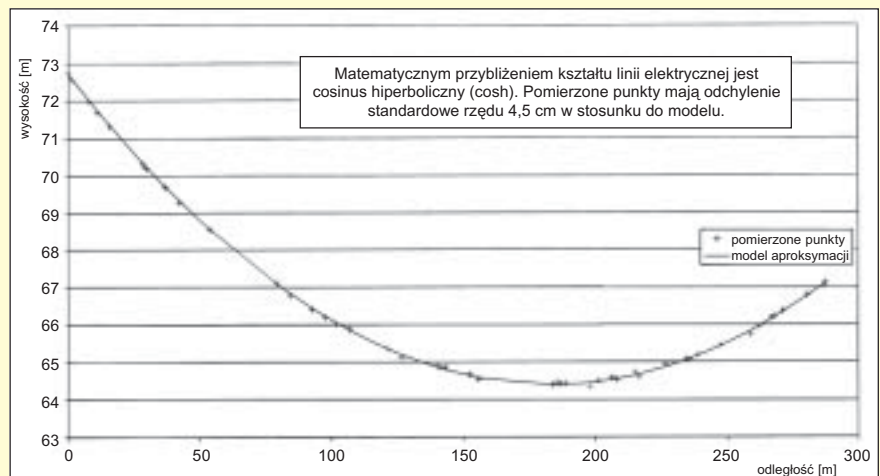
Rys. 5a



Rys. 5b



Rys. 5c



Rys. 5d

Rys. 5. Pomiar elektrycznej linii przesyłowej wysokiego napięcia: a) wizualizacja danych pomiarowych – widok perspektywiczny, b) wizualizacja danych pomiarowych – widok z góry, c) przekrój danych pomiarowych wzdłuż linii elektrycznej, d) matematyczne modelowanie zwisu kabli.

Przykłady zastosowań

Lotniczy skaning laserowy znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie potrzebna jest precyzyjna i szybko dostępna informacja o ukształtowaniu terenu. Jako przykłady można tu wskazać takie zastosowania, jak:

- budowa precyzyjnego DTM dla różnorodnych potrzeb,
- obrazowanie obszarów kopalń odkrywkowych dla oceny wielkości urobku, kontroli zwalowisk, rekultywacji itp.
- budowa przestrzennego modelu aglomeracji miejskich (tzw. model miasta 3D) dla potrzeb telekomunikacji (badanie propagacji fal dla optymalizacji rozmieszczenia przekaźników), urbanistów, planistów itp.
- inwentaryzacja i konserwacja linii energetycznych, dróg, rurociągów, wałów przeciwpowodziowych i innych wydłużonych obiektów infrastruktury.

W ostatnich latach zrealizowano (lub jest realizowanych) kilka projektów o zasięgu regionalnym czy krajowym, wykorzystujących lotniczy skaning laserowy. Można tu m.in. wymienić budowę precyzyjnych DTM w Holandii, Belgii i Niemczech. Prace te są zorientowane głównie na planową gospodarkę zasobami wodnymi i budowę systemów przeciwpowodziowych (określe-

nie obszarów zalewowych, prognozowanie przejścia fali powodziowej, ocena retencji, planowanie polderów, ocena projektów inwestycji hydrotechnicznych itd.), ale także na projektowanie i zarządzanie drogami kołowymi, planowanie rozwoju miast, ocenę wpływu inwestycji na środowisko, zagrożenie hałasem itp.

W Holandii na dużą skalę prowadzi się prace obejmujące badanie dynamiki morskiej strefy brzegowej (procesy abrazji) poprzez porównanie corocznie budowanych DTM tej samej strefy.

Szybko rośnie zapotrzebowanie na przestrzenną informację o miastach (patrz – okładka). Tylko skaning laserowy może bezpośrednio dostarczyć taką informację. Na takie dane czekają m.in. operatorzy sieci telekomunikacyjnych dla optymalizacji położenia anten przekaźnikowych. Skaner, umożliwiając rejestrację kilku odbić impulsu laserowego, daje w efekcie bardzo realny, przestrzenny obraz bryły miasta.

Innym zastosowaniem jest inwentaryzacja linii energetycznych. Rejestracja impulsów odbitych od kabli napowietrznych pozwala aproksymować zwis kabli z dokładnością około 0,05 m oraz zlokalizować pod kablami wysokie drzewa, które mogą być przyczyną groźnych awarii.

Wnioski

Technika lotniczego skaningu laserowego, chociaż jest znana zaledwie od kilku lat, już wychodzi z fazy eksperymentalnej. Realizacja dużych projektów wskazuje na to, że technologia jest obecna na rynku usług fotogrametrycznych i weszła w fazę operacyjną. Główne zalety skaningu to wysoka dokładność pomiaru i duża dyspozycyjność, wyrażająca się znaczną niezależnością od pogody i pokrycia terenu oraz krótkim czasem dostarczania produktu finalnego. Ta technologia jest szczególnie przydatna do budowy precyzyjnego DTM. Należy oczekiwać, że w tym zakresie wyprze zdjęcia lotnicze. Przewaga nad zdjęciami jest wyraźnie widoczna, jeśli produktem końcowym ma być tylko DTM. Jeżeli oprócz DTM przewiduje się również inne produkty pochodne zdjęciom (takie jak ortofotomapa), to przewaga ta nie jest już tak oczywista i wymaga bardziej szczegółowej analizy konkretnej sytuacji.

Autor artykułu dziękuje firmie Eurosense (Belgia) za umożliwienie zapoznania się z technologią skaningu laserowego wykorzystywaną przez firmę, realizację lotów testowych, obróbkę danych i roboczy kontakt ze specjalistami. Przykłady opracowań zamieszczone w artykule udostępnione zostały również przez firmę Eurosense.

KOPIARKI CYFROWE

Nowatorska, cyfrowa technologia pracy i modułowa budowa stanowi o wyjątkowych zaletach urządzeń Nashuatec. Decydują o tym szerokie możliwości urządzeń cyfrowych i cena niższa od odpowiednich urządzeń analogowych! Kopiarki cyfrowe Nashuatec są wyposażone w pełną gamę nowoczesnych akcesoriów oraz cyfrowe narzędzia edycji obrazu, zapewniające lepszą jakość kopii od oryginałów! Doskonale moduły skanera, drukarki czy faksu umożliwiają wiele niespotykanych dotąd rozwiązań, jak np. wysyłanie stron z książek ze skanera płaskiego, a programy do obsługi bezpośrednio z komputera znacznie poszerzają ich zakres pracy. Urządzenia cyfrowe Nashuatec są dostępne w pełnej gamie, od małych kopiarek i faksów do wysokonakładowych i wielkoformatowych, kombajnów biurowych.

nashuatec

wszystko w jednym

KOPIARKA CYFROWA

szybkość od 6 do 65 kopii na minutę, format od A6 do A3, pojemność do 3'550 arkuszy papieru, pełna gama automatycznych podajników, sorterów i finiszów, pełny zakres zoom, cyfrowe narzędzia edycji obrazu, kody użytkownika, obciążalność do 200'000 kopii miesięcznie!

DRUKARKA LASEROWA

rozdzielczość 600dpi, szybkość do 65 stron na minutę, format od A6 do A3, port szeregowy i równoległy, praca w sieci (Ethernet i Token Ring), drukowanie dwustronne i zszywanie, kompatybilność z Windows 3.1x, 9x i NT, do 32MB RAM, dysk twardy, Adobe Post Script



PC FAKS

szybkość transmisji do 33'600bps lub 64kpbs (ISDN), faksowanie z każdej aplikacji Windows, faks modem klasa 2, wszystkie funkcje automatycznego wysyłania, personalizacji i przechowywania danych

FAKS

szybkość transmisji do 33'600bps, format faksów od A6 do A3, druk laserowy na zwykłym papierze, wielokrotne wysyłanie, cyfrowe funkcje pamięci i bezpieczeństwa, automatyczne wybieranie numerów, tryb ECM

SKANER

rozdzielczość 400dpi, szybkość skanowania do 65 stron na minutę z automatycznym podajnikiem, sterownik TWAIN, pakiet programów narzędziowych: Connectivity Kit, Paper Master

Euroimpex SA tel./faks 071 34-31-707 sales@euroimpex.com.pl http://www.euroimpex.com.pl