



RAFAŁ WASIUK

GISPRO  
Rafal.wasiuk@gispro.pl



ARKADIUSZ  
SZADKOWSKI

Arkadiusz.szadkowski@gmail.com



ANNA MAHRBURG

GISPRO  
Anna.mahrburg@gispro.pl



ŻAKLINA SZADKOWSKA

jacqueline.sochacka@gmail.com

## Mobilne skanowanie laserowe obiektów liniowych

Skaning laserowy jest techniką, dopiero zdobywającą rynek pozyskiwania informacji przestrzennej w geodezji. W Polsce systemy tego typu można spotkać od kilku lat. Wcześniej bardzo popularne były systemy typu *Mobile Mapping System (MMS)*, głównym elementem pozyskującym informację przestrzenną były kamery stereoskopowe. Na podstawie stereopar określano lokalizację elementów liniowych i punktowych. Jednak dokładności uzyskiwane tą technologią nie były wystarczające do zastosowań inżynierskich. Błąd średni wahał się od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów. Wraz ze wzrostem zapotrzebowania na dokładne pomiary mobilne podjęto próby zastosowania skaningu na platformach mobilnych.

Bardzo popularną technologią jest skaning lotniczy. Pomiary można wykonać szybko, dokładnie, wydajnie i bez zakłócania ruchu lub pracy na mierzonym obiekcie. Lotniczy skaning laserowy (*ALS – Airborne Laser Scanning*) mimo imponującego rozwoju nadal oferuje produkty o dokładności określenia wysokości na poziomie do 7–10 cm i sytuacji 10–15 cm, co w przypadku inżynierskich pomiarów dróg, kolei czy szlaków wodnych jest wynikiem niewystarczającym.

Wykorzystanie systemu mobilnego skanowania laserowego (*MLS – Mobile Laser Scanning*) pozwala na zebranie trójwymiarowej informacji przestrzennej o drogach, torowiskach,

walach powodziowych, kanałach, tunelach i mostach mierzonych z perspektywy pojazdów użytkujących te obiekty. Użyte przy zastosowaniu tych systemów dokładności oscylują na poziomie od 10 mm współrzędnej Z i 30 mm współrzędnych XY określonej błędem średnim w bezwzględnych układach odniesienia, takich jak: '65, '92, 2000 czy *UTM (Universal Transverse Mercator)* – stosowanym w mapach topograficznych i planach opracowywanych na obszar zainteresowania NATO). W układach relatywnych (osi toru, suwnicy, układu skanera) dokładności te wynoszą od 3–10 mm współrzędnych XYZ. Technologia *MLS* wykorzystuje pomiar aktywny zwany

*LiDAR – Light Detection and Ranging* i jest to coraz powszechniejsza technika stosowana w geodezji na świecie. Głównie ze względu na elastyczność w pracy, wysoką dokładność, szybkość zbierania ogromnej ilości danych i informacji, a przede wszystkim niezależność od pory dnia i roku. Warto jednak wspomnieć, iż pomiary w czasie deszczu lub zaraz po nich są niemożliwe ze względu na czułość wiązki lasera na wodę.

W Polsce od kilku lat daje się zauważyć rosnące zainteresowanie wykorzystaniem technik skanowania laserowego w wielu dziedzinach. Skaning lotniczy stał się główną technologią pozyskiwania danych przestrzennych na dużych obszarach, czego dowodem jest skanowanie dużej części obszarów Polski w ramach programu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami). Natomiast skaning naziemny oraz mobilny boryka się nadal z problemami natury formalnej. Bariery rozwoju są przeszkody spowodowane głównie brakiem odpowiednich standardów w postaci instrukcji i wytycznych technicznych, których brak utrudnia i ogranicza współpracę z ośrodkami dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej. Brak jest również ogólnej wiedzy, nie tylko wśród urzędników, ale również wśród inwestorów, biur projektowych na temat tej technologii, co jeszcze bardziej utrudnia rozwój skaningu laserowego.

### Technologia

Poprzez mobilne skanowanie laserowe należy rozumieć skaning z poruszającej się jednostki. Domyślnie jest to samochód, jednak nic nie stoi na przeszkodzie, by była to lokomotywa, drezyna, jednostka pływająca, quad itp. Każdy pojazd pozwalający na zamontowanie skanera/ów, anteny lub anten GPS, systemu pozycjonowania IMU i komputera pokładowego może być zastosowany jako jednostka pomiarowa.

System mobilnego skanowania, omawiany w dalszej części artykułu, zaprojektowany jest do umieszczenia go na dachu samochodu (fot. 1) w postaci wspólnej platformy z trzema skanerami i systemem pozycjonowania GPS/IMU. Opisane rozwiązanie składa się ze skanerów firmy Riegl-VQ-250 oraz dwóch VZ-400. Taki system ma istotną zaletę, a mianowicie skanery VZ-400 w każdej chwili mogą być użyte jako urządzenia do pomiarów statycznych uzupełniających (np. w miejscach, gdzie nie wjedzie pojazd). W tej chwili producenci najczęściej stosują systemy kompaktowe składające się z dwóch skanerów 2D ustawionych względem siebie pod pewnym kątem oraz systemu pozycjonującego w jednej zwartej obudowie. Przykładem może być system Lynx firmy Optech lub VMX-250 firmy Riegl. Zaletą tego rozwiązania jest większa mobilność platformy, która w prosty sposób może być zamontowana na różnych pojazdach.



Fot. 1. Pojazd z zamontowanym systemem MMS/MLS

Zastosowanie popularnych i ogólnie dostępnych od kilku lat skanerów fazowych nie jest częstym rozwiązaniem w systemach mobilnych głównie z racji małego zasięgu (teoretycznie 50–60 m, a w praktyce ok. 30 m). Zaletą tego typu systemów jest szybkość pracy, co pozwala na osiągnięcie większej prędkości przez pojazd. Bardziej popularnym i najczęściej stosowanym rodzajem skanerów w platformach mobilnych są skanery impulsowe, w zależności od trybu pracy, pozwalają na pomiary nawet do 500–1000 m przy zastosowaniu statycznym.

Urządzeniem determinującym w głównym stopniu dokładność jest system pozycjonujący. W jego skład wchodzi antena lub anteny GPS, jednostka inercyjna oraz dystansomierz. Urządzenia GPS służą do ustalania pozycji, a w systemach dwuantenowych dodatkowo do dokładnego ustalania „headingu”, czyli pozycji w stosunku do kierunku północy, parametr ten jest istotny przy każdym skręcie pojazdu. Zapożyczeniem z systemów lotniczych jest jednostka inercyjna, która za pomocą żyroskopów i akcelerometrów mierzy chwilowe przyspieszenia i kąty w każdym kierunku. Dodatkowo większość systemów uzbrojona jest w dystansomierz, którego zadaniem jest pomiar obrotów koła, co wpływa na wynikową dokładność. Dane z trzech różnych systemów gromadzone są na jednej karcie pamięci i w etapie *post-processingu* wyliczana jest dokładna pozycja w każdej chwili czasu. Warto wspomnieć, że dane GPS mogą być wyrównywane przy pomocy sieci *ASG-Eupos*. Ostateczna trajektoria wyliczana jest z dokładnością od kilku do kilkudziesięciu centymetrów w zależności od miejsca pomiaru. Pomiary w gęstej zabudowie miejskiej lub lasach obarczone są sporym błędem wynikającym z braku sygnału GPS lub z efektu wielotorowości sygnału (*multipath effect*).

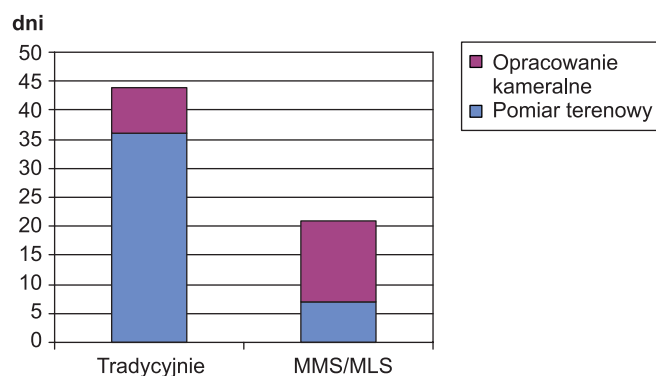
Dopełnieniem każdego systemu są zazwyczaj zestawy cyfrowych kamer, w praktyce od 2 do 6. Aktualnie główne ich zastosowanie to kolorowanie chmury danych składowymi RGB, możliwość wspomaganie w interpretacji szczegółów i w razie potrzeby ich domierzanie metodą fotogrametrii naziemnej (stereoskopia).

## Zastosowanie MLS

Głównym zastosowaniem systemów mobilnego skanowania laserowego jest pomiar obiektów drogowych wykonywa-

ny bez konieczności wstrzymania ruchu i z minimalną ingerencją w jego płynność na drodze. Pomiar wykonywany jest o wiele szybciej od metod tradycyjnych, pozwala na automatyzację wielu procesów obliczeniowych i opracowań kameralnych. Opracowania na bazie MLS charakteryzują się wysoką dokładnością skupioną wzdłuż obiektu. W zależności od założonej i wymaganej dokładności opracowania, zastosowanie MLS przyspiesza prace dwu-, trzykrotnie w porównaniu do tradycyjnych metod stosowanych przy pomiarach geodezyjnych czy przy zastosowaniu skaningu statycznego.

Zamieszczony w dalszej części przykład przedstawia typowe zastosowanie MLS do wsparcia wykonania mapy do celów projektowych w pasie drogi krajowej o długości 20 km i szerokości 100 metrów (po 50 m od osi jezdni). Porównujemy pomiar tradycyjny i mobilny wykonany dwuosobowym zespołem geodetów terenowych i opracowanie kameralne w zespole trzech osób. Oba zadania porównane były pod kątem uzyskania dokładności określonej błędem średnim pomiarów wysokościowych jezdni wynoszącym  $\pm 1$  cm, pobocza  $\pm 3$  cm i dokładności sytuacyjnej  $\pm 3$  cm całego zakresu opracowania.



Rys. 1. Porównanie czasochłonności metody tradycyjnej z MMS/MLS

Analizując dane zaprezentowane na rysunku 1 należy stwierdzić, że zastosowanie metody mobilnej pozwala na wykonanie pracy dwukrotnie szybciej przy zachowaniu bardzo wysokiej dokładności. Ponadto nie wstrzymuje i nie ogranicza ruchu pojazdów na drodze. Cechą charakterystyczną metody mobilnej jest to, iż czynnikiem ważącym na czasokres opracowania mobilnego jest jedynie część kameralna, która w sposób łatwy może być przyspieszona przez większą ilość stanowisk roboczych. Drugi istotny czasowo czynnik to założenie osnowy. Rozpatrzenie podobnego przypadku, w zakresie dokładności na poziomie  $\pm 5$  cm dla współrzędnych XYZ, wykazałoby nawet czterokrotnie szybsze opracowanie w porównaniu do metod tradycyjnych. Wynika to z mniejszej gęstości osnowy (punktów wpasowania i kontrolnych), większej prędkości pomiaru, która w efekcie generuje chmurę danych o mniejszej gęstości punktów, co znacznie przyspiesza jej przetwarzanie. Ze zdobytych doświadczeń wynika, że ceny usług i opracowań wykonanych w technologii MLS kształtują się na podobnym poziomie co pomiar tradycyjny, a istotną korzyścią dla zamawiającego jest skrócenie czasu opracowania. W praktyce prawidłowość ta potwierdza się przy realizacji projektów liniowych o długości większej niż 5 km.

Uzyskanie dokładności wysokościowej 1 cm jest trudnym zadaniem, jednak wykonalnym. W tym celu niezbędna jest jednak mała prędkość pojazdu, gęsta osnowa / punkty kontrolne/, dobre warunki GPS oraz specjalne oprogramowanie do kalibracji i wpasowania chmury punktów na punkty kontrolne. Najefektywniejszą dokładnością wysokościową wydaje się być ~2–3 cm w terenach otwartych i ~3–5 cm w terenach zabudowanych (w zależności od ciągłości obserwacji GPS). Na dokładność sytuacyjną duży wpływ ma przede wszystkim dokładność pomiaru i wyrównania osnowy.

## Produkty MLS

Rozróżnia się cztery główne produkty mobilnego skanowania laserowego:

- chmurę punktów wyrównaną i odniesioną do absolutnego lub relatywnego układu współrzędnych;
- numeryczny model terenu (NMT) w postaci *TIN*<sup>1</sup> lub *GRID*<sup>2</sup> umieszczony w dowolnym układzie odniesienia z algorytmem interpolacyjnym, wygenerowany na podstawie chmury punktów i charakteryzujący się dokładnością od 10 mm;
- dokładne profile (podłużne i poprzeczne) obiektów drogowych, mostowych, kolejowych, wodnych (fuzja z batymetrią) itd.;
- wektorową mapę 3D w układzie absolutnym lub relatywnym. Jest to najbardziej kompletne opracowanie wykonywane często w fuzji z fotogrametrią lotniczą i/lub pomiarem terenowym uzupełniającym.

Kolejność wymienienia tych produktów nie jest przypadkowa, bowiem każdy z nich jest kolejnym krokiem opracowywania. Dostarczenie klientowi mapy 3D zawiera w sobie wszystkie poprzednie produkty. Większość firm zachodnich skupiła się na świadczeniu usług typowo pomiarowych i dostarczaniu klientom wyrównanej i gotowej do dalszego przetwarzania punktów w formatach XYZ z intensywnością odbicia lub XYZ z informacją RGB. Jest to w praktyce bardzo wygodne rozwiązanie, wymaga jednak przekonania środowiska i wprowadzenia właściwych uregulowań prawnych.

Firmy dysponujące technologią *MLS* oferują z reguły dostarczanie produktów na każdym z wymienionych poziomów. Najczęściej zamawiający żądają jedynie dostarczenia georeferencyjnej chmury punktów w zadanym układzie. Oznacza to, iż zamawiający ma świadomość technologii i potrafi ją wykorzystać do swoich potrzeb przy pomocy własnych sił. Z reguły przedmiotem zamówienia jest NMT (np. do wykonania mapy w celach projektowych) lub profile poprzeczne czy po-

<sup>1</sup> *TIN* (*Triangulated Irregular Network*) – typ obiektu w systemach GIS, który reprezentuje informację o terenie. TIN jest rozwiązaniem kompromisowym (posiadającym zalety wektora oraz rastra). Dana płaszczyzna odwzorowywana jest za pomocą sieci nieregularnych trójkątów, gdzie wierzchołki tych trójkątów to punkty z informacją (atrybutem), a powierzchnie trójkątów są pochodną tych atrybutów (np. nachylenie bądź ekspozycja).

<sup>2</sup> *GRID* – rodzaj typu odwzorowania przestrzeni w GIS. Łączy zalety wektora oraz rastra. Ma postać regularnej siatki, na której przypisano atrybuty w miejscu przecięcia się linii. Punkt przecięcia siatki ma wymiar 0, jednakże zasięg atrybutu definiowany jest poprzez wymiar „oczka” siatki. Ten typ odwzorowania przestrzeni znajduje zastosowanie przede wszystkim w przedstawianiu powierzchni ciągłych, gdyż ułatwia ich odwzorowanie za pomocą trójwymiarowego konturu.

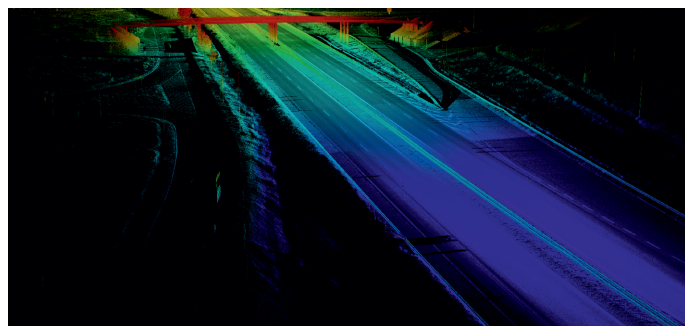
dłużne. Świadomość i dostępność oprogramowania jednak stale wzrasta i należy przypuszczać, iż pójdzie za tym również dostosowanie instrukcji i wytycznych technicznych, co pozwoli na ujednoczenie formy przekazywania tego typu opracowań do ośrodków dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej.

## Oprogramowanie

Podczas pracy z chmurą punktów, poczynając od etapu zbierania danych poprzez wyrównywanie, transformację i pozyskanie informacji przestrzennej, użytkownik zmuszony jest stosować kilka różnych oprogramowań. Większość z nich naturalnie wywodzi się z aplikacji do obróbki lotniczego skaningu. Najczęściej stosowanym oprogramowaniem do pracy z chmurą punktów są programy pracujące w środowisku CAD. Do najpopularniejszych należą *TerraScan*, *TerraModeler* wspierany przez *TerraPhoto* (w przypadku wykorzystania zdjęć z kamer) fińskiej firmy *TerraSolid*. Jest to pierwsza aplikacja dostosowana do wymogów i potrzeb mobilnego skanowania. Działająca w środowisku CAD (*Bentley MicroStation*), zawierająca w sobie moduł wpasowania i wyrównania na punkty kontrolne, filtracji, generowania *GRID*, *TIN*, oraz profilowanie zasięgu widoczności chmury, co znacznie ułatwia jej digitalizację. Stosowanie programów działających w środowisku CAD umożliwia łatwą wektoryzację oraz kontrolę dokładności.

Oprogramowanie do wizualizacji, symulacji, wspierania interpretacji i edycji chmury punktów w większości bazuje na architekturze 64-bitowej, która w znaczący sposób wyeliminowała problemy z ilością dostępnej pamięci RAM, a co za tym idzie, umożliwia wczytanie większej ilości punktów. Oprogramowania te oprócz wizualizacji mają wiele przydatnych funkcji, które usprawniają pracę z chmurą punktów. Potrafią w sposób szybki i dokładny obliczyć objętość mas ziemnych, dokonać symulacji terenów zalewowych, wyliczyć powierzchnie interesującej nas działki i wiele innych. Przykład możliwości zaprezentowano na rysunku 2. Popularnymi programami są: *Quick Terrain Modeler*, *PoinTools Edit*, *DTMaster*, *GVE*, *SCOP++* (z modułem wizualizacji).

Skaning laserowy jest traktowany z dystansem i nieuważadną obawą przez wiele firm geodezyjnych i biur projektowych, głównie z powodu braku doświadczeń w korzystaniu z oprogramowania do obróbki danych laserowych i wykorzystaniem ich do tworzenia map numerycznych. Część firm stosujących technologię skaningu laserowego oferuje po-



Rys. 2. Widok chmury punktów w aplikacji *Quick Terrain Modeler*



moc we wdrożeniu aplikacji działających w środowisku CAD, co oczywiście tworzy większe zapotrzebowanie na dane pochodzące wprost z platform mobilnych. Pojedynczy pojazd *MLS* może „w sezonie” wygenerować o wiele więcej danych niż wynoszą zdolności ich przetwarzania przez te firmy, jest to bardzo ważny argument przekonujący potencjalnych użytkowników, realizujących projekty na wszelkich obiektach liniowych do zastosowania nowoczesnych technik i rozszerzenia zakresu swoich usług o opracowania na bazie mobilnego skaningu laserowego.

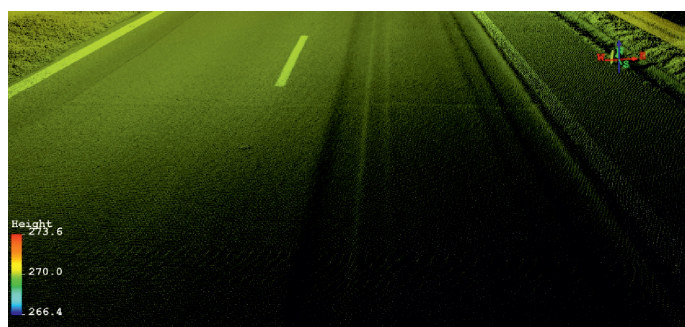
## Przykładowe opracowania

### Przykład 1. Wsparcie wykonania mapy do celów projektowych autostrady A1 i drogi krajowej nr 1

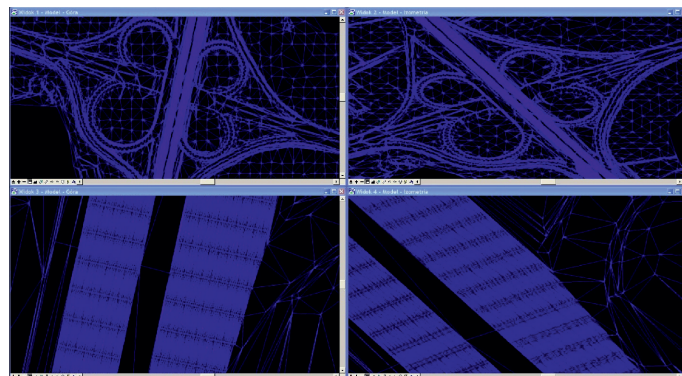
W okresie od 12 maja do 9 lipca 2009 r. wykonano mobilne skanowanie laserowe autostrady A1 oraz dalszej części ciągu drogi krajowej nr 1. Jest to droga dwujezdniowa o bardzo dużym natężeniu ruchu i zamknięcie choćby jednej jej jezdni wiązałoby się z dużymi utrudnieniami i kosztami. Projekt realizowany był w trybie „projektuj i buduj”, co sprzyja tego typu technologiom, jako że informacja o stanie aktualnym obiektu musi dotrzeć do projektanta najszybciej, jak jest to możliwe.

Wykonano pomiary 85 km drogi od miejscowości Tuszyń do miejscowości Rząsawa w celu uzyskania bardzo dokładnego modelu nawierzchni jezdni oraz pikiet stanowiących krawędzie oraz środek jezdni. Metoda mobilnego skanowania pozwoliła na wykonanie pomiaru bez wstrzymywania ruchu na drodze przy zachowaniu wymaganej dokładności wysokościowej  $\pm 1$  cm oraz dokładności wyznaczenia współrzędnych płaskich XY  $\pm 3$  cm.

Pierwsze wyniki z chmury punktów pokazały możliwość swobodnego kartowania również szczegółów terenowych znajdujących się w granicach pasa jezdni. Na podstawie wykonanych pomiarów powstał przede wszystkim bardzo dokładny NMT (przykłady rys. 4) jezdni, charakteryzujący się dokładnością około 10 mm. Był to pierwszy projekt realizowany przez firmę tą technologią i jako pierwszy w Polsce na taką skalę. Na całym odcinku 85 km pomiar mobilny wykonywany był równoległe z pozyskaniem danych metodą fotogrametrii lotniczej i uzupełniającym pomiarem terenowym, a na ich bazie powstała kompletna mapa do celów projektowych. Projekt został zrealizowany we współpracy z firmami Geomar SA i OPGK Bydgoszcz. Takie łączenie technologii fotogrametrii lotniczej z skanowaniem mobilnym jest obecnie najefektyw-



Rys. 3. Widok chmury punktów autostrady A1 z widocznymi koleinami



Rys. 4. Numeryczny model terenu drogi krajowej nr 1

niejszą metodą pomiaru obiektów liniowych stosowaną do wszystkich dużych inwestycji realizowanych w Europie Zachodniej.

Pomiar kolejnych 40 km tej trasy wykonano na terenie powiatów Myszków, Będzin i Częstochowa we współpracy z firmą Vertical, która była jednocześnie zamawiającym. W wyniku opracowania przekazano dane z trzech skanerów zapisane w postaci georeferencyjnych zbiorów punktów przetransformowane i obliczone na podstawie pomierzonych punktów kontrolnych. Współrzędne przestrzenne XYZ przekazano o dokładności poniżej  $\pm 1$  cm względem osnowy. Pomierzono położenie interesujących projektanta obiektów, takich jak: krawędzie jezdni, krawężniki, linie zmiany nawierzchni, elementy oznakowania poziomego i pionowego, barierki ochronne. Na bazie zbioru punktów sporządzono również bardzo dokładny model powierzchni samej jezdni, składający się z przestrzennych linii rozmieszczonych co 5 m wzdłuż, oraz co 0,1 m w poprzek drogi. Pozwoliło to na zobrazowanie kolein występujących w nawierzchni (rys. 3). Przetworzone dane ze skanowania laserowego wraz z danymi pochodzącymi z pomiaru bezpośredniego posłużyły do sporządzenia modelu numerycznego terenu całego obszaru opracowania oraz wygenerowania warstw. Do biura projektów została przekazana mapa przestrzenna opracowywanego terenu wraz ze szczegółowym modelem nawierzchni jezdni, w formatach \*.dgn 3D MicroStation oraz \*.dtm InRoads Site.

### Przykład 2

W 2010 r. firma Gispro wraz z OPGK Bydgoszcz przystąpiła do wykonania mapy 12-kilometrowego odcinka drogi do celów projektowych w Bydgoszczy. Projekt ten był fuzją technologii mobilnej, naziemnego skaningu laserowego oraz tradycyjnego pomiaru geodezyjnego. Opracowanie obejmowało tereny wzdłuż ulic miasta oraz trudno dostępne rejon, gdzie wykonano kilkanaście stanowisk skaningu naziemnego. Czynnikiem determinującym wybór technologii *MLS* był krótki czas realizacji zadania. Po stronie zespołu *MLS* zaangażowany był tylko jeden zespół geodezyjny do założenia osnowy pomiarowej wzdłuż trasy przejazdu. Szybkie opracowanie kameralne udało się osiągnąć dzięki zaangażowaniu dodatkowych osób w biurze. Dzięki kombinacji tych dwóch metod udało się pozyskać 80% danych, pozostałe 20% pomierzono metodami tradycyjnymi. Mapa charakteryzowała się dokładnością rzędu 10 mm Z oraz 50 mm XY.

### Przykład 3

W czerwcu 2010 r. zrealizowano projekt mobilnego skanowania laserowego wraz z opracowaniem profili poprzecznych dróg oraz tuneli autostrady A 9 w Szwajcarii, na odcinku Sion – Siere. W skład opracowania wchodziły główne jezdnie autostrady, wjazdy i zjazdy, tunele oraz obiekty mostowe. Pomiar terenowy został wykonany w dwa dni bez wstrzymania ani ingerencji w ruch na autostradzie, a cały projekt opracowano w niecały miesiąc. Wyniki charakteryzowały się dokładnością absolutną (bezwzględna) XYZ < 5 cm oraz relatywną (względna, wzajemna) XYZ < 1 cm, odniesioną do projektowanej teoretycznej osi autostrady.

### Przykład 4

Do ciekawszych zastosowań technologii MLS można zaliczyć realizację projektu skanowania tunelu Średnicowego w Warszawie. W związku z dużym ruchem pociągów na głównej magistrali kolejowej w kraju pomiar metodami tradycyjnymi byłby pracochłonny. Należy nadmienić, że praca w tunelu jest możliwa jedynie przez kilka godzin w nocy, kiedy ruch pociągów jest najmniejszy. Dzięki udostępnieniu przez PKP platformy kolejowej udało się zamontować samochód pomiarowy i wykonać niezbędne pomiary. Pomierzono wszystkie tory znajdujące się na Dworcu Centralnym w Warszawie oraz tory linii podmiejskiej. Czas pomiaru wyniósł kilkanaście godzin, co, ze względu na specyficzne warunki pracy na kolei, przełożyło się na 3 dni pomiarowe. Wraz z danymi z 3 skanerów pozyskano również serię zdjęć cyfrowych w tunelu dzięki zastosowaniu promiennika podczerwieni i specjalnych kamer do interpretacji chmury punktów. W celu dowiązania się do Kolejowej Osnowy Geodezyjnej skorzystano z punktów referencyjnych KOS. Dokładność względna w przekroju poprzecznym stosunku do osi torów wynosiła ok. 10 mm.

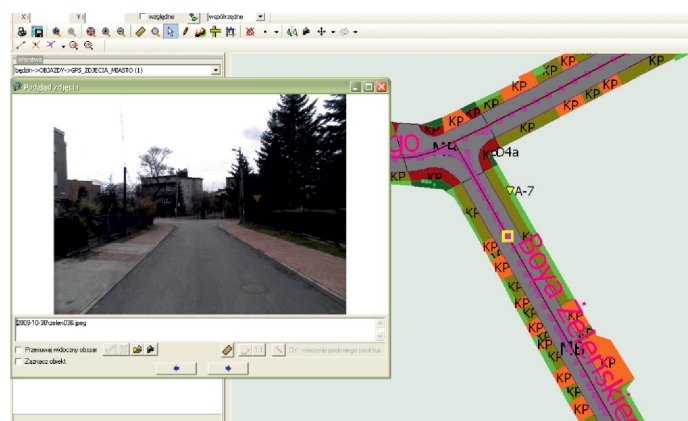
## Opracowanie i aktualizacja baz danych ewidencji dróg i obiektów mostowych

Zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi ewidencji dróg (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 16 lutego 2005 r., w sprawie numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom mostowym i tunelom, Dz.U. Nr 67 z 25 kwietnia 2005 r., poz. 582), obowiązkiem każdego zarządcy jest posiadanie i utrzymywanie aktualnego zasobu danych opisujących sieć dróg publicznych. Wszelkie dane drogowe powinny być gromadzone w dowiązaniu do przyjętego systemu referencyjnego i przechowywane w utworzonych w tym celu bazach danych. Przebieg dróg należy definiować jako ciąg następujących po sobie punktów oraz odcinków referencyjnych. Obecnie rynek oferuje wiele programów, z jednej strony zaspokajających indywidualne potrzeby zarządcy dróg, a z drugiej spełniających wymagania rozporządzenia. Niezależnie od wyboru konkretnego programu informatycznego system musi być zasilony odpowiednimi danymi.

Dane takie mogą być pozyskiwane przy pomocy mobilnego skanowania laserowego oraz wideorejestracji. Powstała w ich wyniku wyrównana z kilkucentymetrową dokładnością



Rys. 5. Fragment powstającej bazy danych oraz mapy ewidencji dróg i obiektów mostowych na tle ortofotomapy (WMS Geoportal)



Rys. 6. Fragment powstającej bazy danych oraz mapy ewidencji dróg i obiektów mostowych z synchronizowaną rejestracją zdjęć

chmura punktów jest podstawą wektoryzacji wszystkich naziemnych i nadziemnych obiektów pasa drogowego. Dodatkowo otrzymujemy warstwę zdjęć z przypisanymi współrzędnymi, dzięki którym jesteśmy w stanie kontrolować czy obiekty drogi zostały zinwentaryzowane rzetelnie, oraz czy są kompletne. Zaktualizowany w ten sposób zbiór danych dostarcza wielu cennych informacji (rys. 5–6). Umożliwia także sporządzenie dokumentacji oznakowania pionowego i poziomego oraz weryfikację stanu czy zasadności jego usytuowania.

## Podsumowanie

Nowoczesne technologie pozyskiwania informacji przestrzennej stawiają przed sobą wiele wyzwań i problemów, na które najczęściej trzeba samemu znajdować rozwiązania. Z drugiej strony niesie to z sobą wiele satysfakcji w przypadku ich udanego wdrożenia. Trzeba jednak nadmienić, że rynek MLS w Polsce wciąż się rozwija. Widoczne to jest w specyfikacjach ogłaszanych przetargów, gdzie coraz częściej zamawiający wymagają pozyskania danych laserowych, dostrzegając przy tym ogromny potencjał tej metody. W sektorze zamówień publicznych zakup produktów ze skaningu la-



serowego najczęściej niesie ze sobą również potrzebę szkoleń pracowników, jak i wymianę sprzętu komputerowego. Dzięki temu rośnie świadomość i wiedza z zakresu nowoczesnych technologii.

#### Zalety technologii:

- dokładność pomiaru, porównywalna z klasycznymi pomiarami geodezyjnymi,
- automatyzacja pomiaru eliminująca błędy osobowe, przecenienia,
- szybkie pomiary dużych obiektów (często w miejscach trudno dostępnych), dostarczenie wiarygodnych danych dla wszystkich faz projektowania,
- pomiar jest bezinwazyjny, brak konieczności wstrzymywania ruchu czy prac,
- zdjęcia i chmura punktów są produktami o większym potencjale informacyjnym od tradycyjnej mapy wektorowej,
- chmura punktów jest bardzo dokładną reprezentacją obiektu w układzie 3D,

- wiarygodna dokumentacja do celów planistycznych i projektowych,
- skaning laserowy jest niezależny od pory dnia, zapewnia więcej dni pomiarowych w roku,
- dokładność jest najwyższa wzdłuż obiektu po osi pomiaru.

#### Aktualne niedoskonałości technologii:

- brak możliwości skanowania podczas opadów atmosferycznych i pokrywy śnieżnej,
- duża objętość danych ze skanowania laserowego wydłuża proces ich przetwarzania,
- wysoka cena sprzętu pomiarowego,
- brak przepisów prawnych normujących skaning laserowy jako metodę pomiaru.

#### Bibliografia

- [1] [www.gispro.pl](http://www.gispro.pl)
- [2] [www.riegl.com](http://www.riegl.com) ■

## Informacja prasowa

### Melodyjne nawierzchnie asfaltowe

Podczas wystawy technicznej towarzyszącej IX Międzynarodowej Konferencji o Nawierzchniach Asfaltowych (ISAP 2010) w Nagoi japońska firma NIPPO zaprezentowała „melodyjną” nawierzchnię (z ang. *melody pave*). Przejazd samochodu z odpowiednią prędkością powoduje powstanie melodii, która jest słyszalna przez pasażerów i kierowców. Technologia ta polega na wykonywaniu przez specjalne urządzenie rowków poprzecznych w warstwie ścierniczej o odpowiedniej głębokości, szerokości i rozstawie. Im mniejsze są odstępy pomiędzy rowkami, tym powstaje niższy dźwięk. Pierwszy tego typu odcinek długości 300 m powstał na drodze płatnej Ashinoko-Skyline na granicy prefektury Kanagawa i Shizuoko w Japonii. Przejazd z prędkością 40 km/h pozwala na wysłuchanie fragmentu melodii znanej w Japonii piosenki dla dzieci pt. „Fujinoyama”. „Melodyjne” nawierzchnie mogą być elementem



Fot. 1. Melodyjna nawierzchnia na drodze Ashinoko-Skyline (fot. NIPPO CORPORATION)



Fot. 2. Rowki w nawierzchni (fot. NIPPO CORPORATION)



Fot. 3. Nacinanie nawierzchni (fot. NIPPO CORPORATION)

uspokojenia i bezpieczeństwa ruchu. Przejazd z niedozwoloną prędkością będzie powodował fałszowanie melodii. Lokalizacja takich odcinków może być elementem ostrzegającym kierowców o miejscach niebezpiecznych lub może ograniczać ryzyko zaślnięcia za kierownicą. Odcinki wykonane z takich nawierzchni mogą być również atrakcją turystyczną i promocją danego regionu przez lokalne melodie.

Wojciech Bańkowski