

Józef SANECKI¹
Paweł PABISIAK²
Robert BAUER³
Agnieszka PTAK⁴
Grzegorz STĘPIEŃ⁵

WYKORZYSTANIE NMT W ANALIZIE OBSZARÓW ZALEWOWYCH

Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę dokładności NMT w określaniu wielkości przewyższeń oraz jego zastosowanie do szacowania obszarów zalewowych oraz widoczności między punktami. Przedstawiono możliwości wykorzystania danych wysokościowych pochodzących ze skaningu laserowego na tle numerycznego modelu terenu w formacie DTED, z którego powszechnie korzysta polska armia. Autorzy wykonali również pomiary terenowe w celu określenia dokładności analizowanych modeli wysokościowych. Dane LiDAR wykorzystane w artykule obejmują swym zasięgiem teren nadodrza w miejscowości Uraz k. Wrocławia. Skaningu laserowego wraz z NMT i NMPT wykonała tarnowska firma MGGP Aero w dniu 13 lipca 2010 roku. Do analiz wielkości terenów zalewowych autorzy wykorzystali aplikację ArcGIS.

1. Wstęp

W ostatnich latach analiza wielkości obszarów zalewowych wykonywana była na podstawie numerycznych modeli terenu opracowanych na podstawie zobrażeń satelitarnych, lotniczych, danych radarowych lub modeli wysokościowych zbudowanych w oparciu o digitalizację warstw. Obecnie coraz powszechniej wykorzystywana jest metoda skaningu laserowego (LiDAR), a dokładność opracowanych na jej podstawie NMT i NMPT (NMPT – DSM, NMT – DEM) znacznie przewyższa dokładności wykorzystywanych dotychczas cyfrowych modeli terenowych (4). Służba Topograficzna Wojska Polskiego wciąż bazuje na numerycznym modelu terenu w formacie DTED, którego stosowanie jest związane ze standardami danych przyjętymi w NATO. Państwowa służba cywilna zaś, coraz powszechniej sięga po modele terenu pochodzące ze skaningu laserowego.

W artykule przedstawiona została analiza dokładności określania przewyższeń opracowana na podstawie porównania danych pochodzących z niwelacyjnych pomiarów terenowych oraz modeli wysokościowych DSM (DEM) pozyskanych metodą LiDAR a także DTED2 i DTED1. Porównano również dokładności określania rzędnych pomiędzy analizowanymi modelami wysokościowymi.

Obecnie wykorzystanie przez wojsko NMT na obszar Polski ogranicza się do DTED1 i DTED2, które obejmują swym zasięgiem cały kraj. Modele te powstały z wektoryzacji warstw i innych elementów rzeźby terenu prezentowanych na mapach topograficznych w skali 1:50 000 i charakteryzują się macierzową strukturą danych (3, 5). Parametry dokładnościowe przedstawiono w (tab. 1).

¹ prof. dr hab. inż., Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Szczecinie

² mgr inż., Wydział Topograficzny 2 KZ, Kraków

³ mgr inż., Szefostwo Geografii Wojskowej, Warszawa

⁴ mgr, MGGP Aero, Tarnów

⁵ dr inż., Sztab Generalny Wojska Polskiego, Warszawa

Tablica 1. Parametry dokładnościowe Numerycznego Modelu Terenu w formacie DTED, poziomu 1 i 2.

DTED 1	DTED 2
Rozmiar oczka: 3" ok. 90m	Rozmiar oczka: 1" ok. 30m
	Nominalna dokładność wysokościowa bezwzględna: błąd < 16m
	Nominalna dokładność wysokościowa względna: błąd < 10m
Błąd z prawdopodobieństwem 90%	

2. System ALS

Alternatywą dla wektoryzacji warstwic na mapach wielkoskalowych jest obecnie metoda skaningu laserowego ALS (Airborne Laser Scanning). Metoda ta opiera się na współpracy następujących elementów (6):

1. Statek powietrzny – na którym umieszczone są niezbędne urządzenia nadawczo – odbiorcze oraz operatorzy;
2. Dalmierz laserowy wraz z rejestratorem – wykonujący pomiar i rejestrację odbitych sygnałów – skaner;
3. Rejestrator obrazu – kamera video lub aparat fotograficzny, zarejestrowane obrazy są pomocą przy filtrowaniu chmury punktów lub przypisywaniu punktom barw;
4. Systemy INS, GPS – określają położenie skanera (wychylenia kątowe);
5. Część naziemna w postaci stacji referencyjnych.



Rys. 1. Lotnicza platforma fotogrametryczna MGPP Aero

Zarejestrowane podczas nalotu punkty posiadają współrzędne XYZ, a pliki danych na ogół rejestrowane są w formacie LAS i odzwierciedlając te elementy, od których nastąpiło odbicie wiązki lasera (6). Odfiltrowując przy określonych założeniach wybrane punkty, uzyskuje się następujące produkty:

1. Numeryczny Model Terenu (ang. Digital Elevation Model, DEM);
2. Numeryczny Model Pokrycia Terenu (ang. Digital Surface Model, DSM);
3. Ortofotomapa (przy użyciu dodatkowych zdjęć i dalszych przetworzeń).

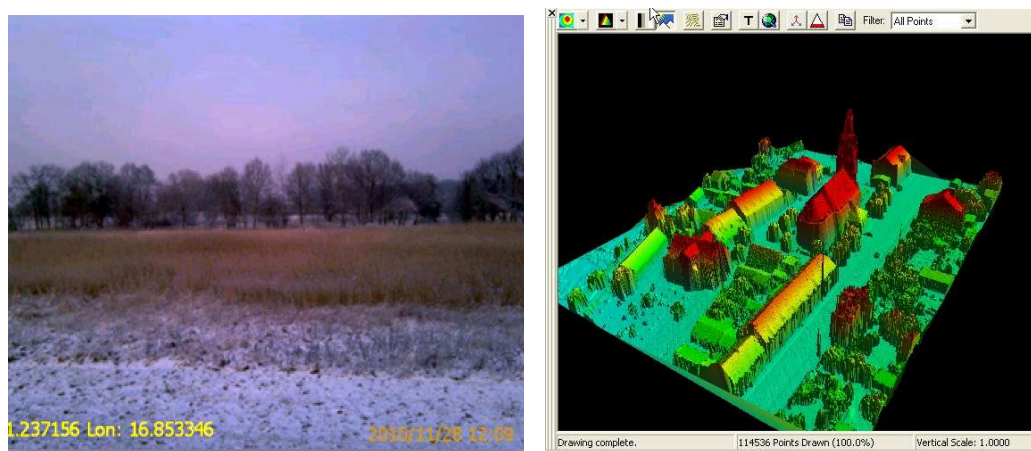
Użyty do dalszych przetworzeń i pomiarów skaningu laserowego wraz z DEM i DSM wykonała tarnowska firma MGPP Aero w dniu 13 lipca 2010 roku. Nalot obejmował teren w granicach województwa dolnośląskiego – okolicę miejscowości Uraz (rys. 2).



Rys. 2. Zobrazowanie miejscowości Uraz (LIDAR DSM, RMSE = 0,15 m)

3. Pomiary terenowe

W dniach 22-23 listopada 2010 r. wykonane zostały pomiary terenowe. Do ich realizacji użyto niwelatora i łąt, a do zobrazowania punktów pomiarowych aparatu cyfrowego z wbudowanym modułem GPS. Pomiary wykonane zostały wzdłuż wału przeciwpowodziowego na 10 parach punktów pomiarowych u podnóża i na szczycie wału. W wyniku pomiarów uzyskano średnie przewyższenie wału 1,76 m. Określono również widoczność pomiędzy punktami obserwacji, które zostały wcześniej zaplanowane i naniesione na mapy topograficzne w skalach 1:50 000 oraz 1:25 000. Widoczność określano naocznie oraz przy pomocy lornetki i łąty niwelacyjnej. Z wybranych punktów wału określano również widoczność na charakterystyczny punkt – Kościół w miejscowości Uraz. Mimo zimowej aury (brak liści na drzewach, pokrywa śnieżna) określenie widoczności (wizury pomiędzy punktami) przedstawia się jak na poniższych zdjęciach.



Rys. 3. Wizualizacja charakterystycznego obiektu (z prawej) oraz widok na kościół z wałów (z lewej) – obiekt niewidoczny.

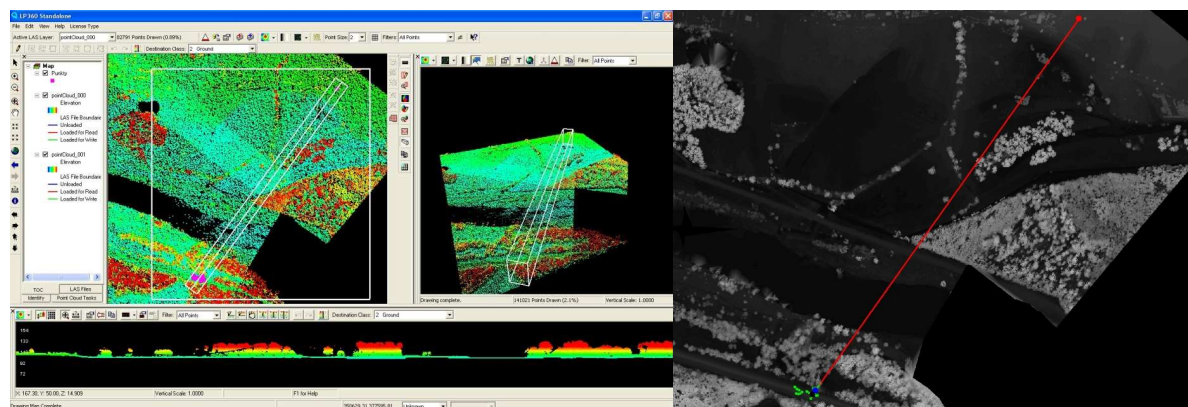
4. Analizy geoprzestrzenne

Na podstawie wykonanych pomiarów oraz modeli wysokościowych wykonano następujące analizy:

1. Analiza widoczności (obserwator , łączność radiowa);
2. Określanie przewyższeń;
3. Określanie nachyleń stoków (dostępność zboczy).

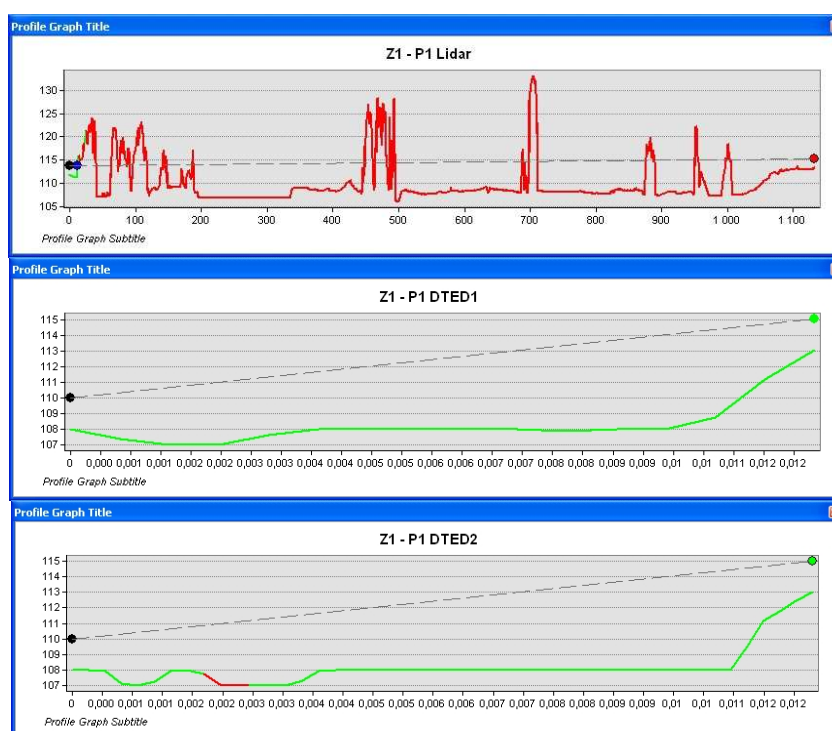
Analizy oraz wizualizacje wykonano za pomocą programów: ArcGIS, ENVI, LP360.

Analiza widoczności jest typową analizą wykonywaną w celu określenia optymalnej lokalizacji do zapewnienia łączności między antenami wojskowymi lub telefonii komórkowych (5). Sprawdzenie widoczności zostało wykonane na NMT w formacie DTED, a także na modelu DSM (NMPT) uzyskanym ze skaningu laserowego. Widoczność pomiędzy punktami P1 i Z1 przedstawia (rys. 4).



Rys. 4. Określanie widoczności pomiędzy punktami P1 i Z1

Następnie wykonano profile terenu wzdłuż linii łączącej punkty pomiarowe na modelach: lidarowym oraz DTED, które przedstawia (rys. 5)



Rys. 5. Profile (pokrycia) terenu pomiędzy punktami Z1 – P1, od góry dane LIDAR, DTED1, DTED2 (wysokości na osi rzędnych w [m], na osi odciętych odległość Z1P1 – wynosi 1,2 km)

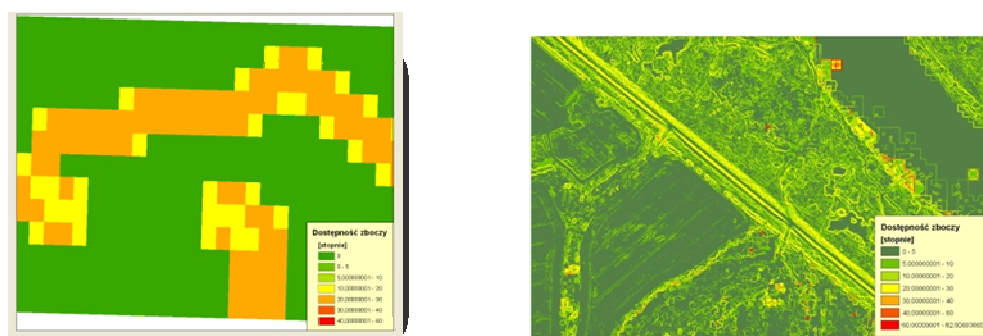
Powyższe analizy wykonano na 5 innych punktach w wyniku czego otrzymano podobne rezultaty. W analizach przyjęto wysokość obserwatora 2 m nad powierzchnią Ziemi. Zarówno DTED1 jak i DTED2 potwierdziły widoczność pomiędzy założonymi punktami, model utworzony na podstawie gęstej chmury punktów (lidarowy), podobnie jak pomiary terenowe widoczności nie potwierdził.

Na lidarowym modelu wysokościowym dokonano także pomiaru różnic wysokości na dole i u góry wału przeciwpowodziowego. Pomiary wykonano na dziesięciu losowo wybranych parach punktów. Wyniku pomiarów przedstawia (tab. 2).

Tablica 2. Wysokość wału przeciwpowodziowego.

	Pomiary wysokości wału
Różnica wysokości na modelu LiDAR [m]	1,76
Różnica wysokości z pomiarów terenowych [m]	1,83

Za pomocą modeli wysokościowych wykonana została także analiza „dostępności zboczy”. Do analizy nachylenia stoków użyto modeli DTED2 i uzyskanego z lotniczego skaningu laserowego. Ze względu na niską rozdzielczość przestrzenną DTED1 został wyłączony z analiz.

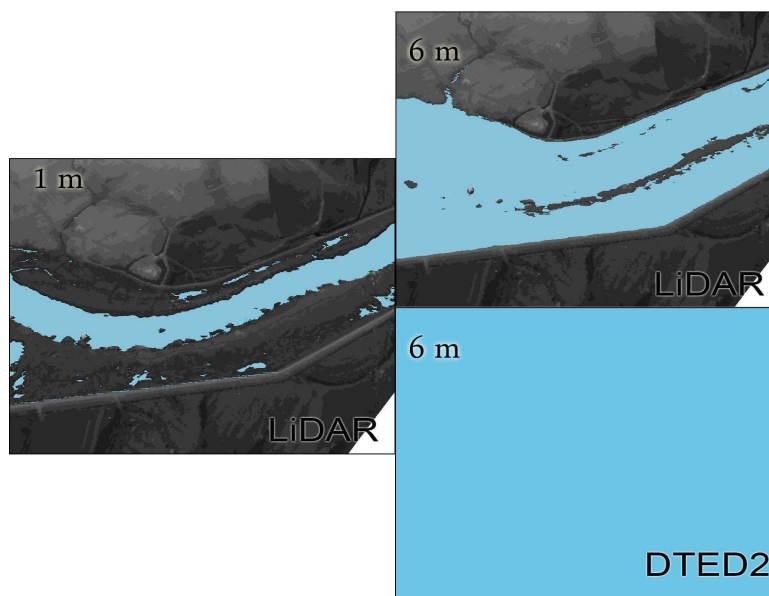


Rys. 6. Barwne zobrazowania dostępności zboczy, od lewej: DTED2, LIDAR.

Jak widać na (rys. 6), informacja geoprzestrzenna jaka zawarta jest w danych pochodzących ze skaningu laserowego jest znacznie obszerniejsza niż DTED2, gdzie główne znaczenie ma rozdzielczość przestrzenna obrazu (1, 5). W przypadku modelu wysokościowego DTED2 nie pozwala ona często na jednoznaczne stwierdzenie wału, a w przypadku jego stwierdzenia otrzymuje się znaczne różnice pomierzonych przewyższeń w porównaniu do modelu lidarowego.

5. Symulacja powodzi

Posługując się modelami: DTED2 oraz lidarowym wykonano również symulacje rozlania rzeki Odry, co przedstawia (rys. 7). Symulacja rozlania wody pokazuje, że na modelu DTED2 doszło do zalania całego analizowanego obszaru, pomimo że fizycznie znajdują się na nim wały przeciwpowodziowe. Dodatkowo na modelu DTED2 wysokość wałów uległa uśrednieniu i w ten sposób otrzymano piksele o wielkości 30m x 30m o wartościach rzędnych o 1 m większych od pikseli sąsiednich, co dla wartości poziomu rzeki zwiększonej o 6 m spowodowało zalanie całego obszaru. Na modelu lidarowym otrzymano wierne (w granicach dokładności modelu – 0,07 m) odwzorowanie stanu wody, która nie przelała się przez wał.



Rys. 7. Rozlanie rzeki Odry – podniesienie poziomu wody: po lewo na modelu LiDAR o 1 m, po prawo u góry na modelu LiDAR o 6 m, po prawo u dołu na modelu DTED2 o 6 m

6. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych w opracowaniu analiz stwierdzono:

- dokładność określania przewyższeń modelu LiDAR na analizowanym obszarze wyniosła 0,07 m, co stanowi wartość o dwa rzędy dokładniejszą od dokładności określanych za pomocą modelu DTED2.
- modele wysokościowe DTED1 i DTED2 dały błędną informację na temat widoczności między punktami, właściwe określenie widoczności (braku widoczności) umożliwił DSM opracowany na podstawie modelu lidarowego, co zweryfikowano w terenie.
- NMT w formacie DTED2 daje niepoprawne wyniki symulacji podniesienia poziomu wody w rzece, na modelu może również dojść do zatarcia (uśrednienia wysokości lub pominięcia) wałów.

Wielkość terenowa oczka modelu DTED2 – 30m x 30m – oraz jego dokładność wysokościowa sprawiają, że jest to materiał nieprzydatny w ocenach wielkości rozlewisk. NMT nie powinien być również podstawą określania widoczności między punktami, gdzie wykorzystywany powinien być NMPT. Modele wysokościowe oparte na metodzie skaningu laserowego stanowią obecnie wiarygodną alternatywę dla modeli pozyskiwanych dotąd metodami tradycyjnymi. W niniejszym opracowaniu analizy wysokościowe wykonane zostały w oparciu o ogólnodostępne metody rejestracji i przetwarzania danych i pokazały, że możliwe jest osiągnięcie poziomu dokładności określania przewyższeń, przy pomocy modelu lidarowego (na analizowanym obszarze) w granicy 0,1 m.

Literatura

- [1] Teledetekcja pozyskiwanie danych – praca zbiorowa pod red. J. SANECKIEGO – Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [2] KURCZYŃSKI Z. – Metodyka oceny dokładności i scalania wieloźródłowych numerycznych modeli terenu – Wyd. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 2008 r.
- [3] PABISIAK P., STĘPIEŃ G. – Obiekt klasy Military – *Materiały „9 konferencji użytkowników oprogramowania firmy ESRI”*, Warszawa 2010 r.
- [4] www.mggpaero.com (dostęp na dzień 1.12.2010 r.).

THE APPLICATION OF DEM AND DSM IN ANALYSIS OF FLOODED AREAS

Summary

The article presents the analysis of precision of digital terrain models (DEM, DSM) in defining the size of superiority (drop) and its application to estimate flooded areas as well as visibility between points. The usability of utilization of observed, sourced (height) elevation data coming from LiDAR is shown on background of Digital Terrain Elevation Data (DTED) which is use generally by Polish Armed Forces. Authors conducted also the terrain measurements to define the precision of analyzed digital terrain models. LiDAR data used in article include terrain close to the Odra river in the Uraz locality near to the Wrocław City. LiDAR, DEM and DSM data were prepared by MGGP Aero Company and received on the 13th of July 2010. To analyses of size of flooded areas authors applied ArcGIS software.