

## **ANALIZA PORÓWNAWCZA WYSOKOŚCI TERENU UZYSKANEJ ZA POMOCĄ LOTNICZEGO SKANINGU LASEROWEGO, POMIARU GPS ORAZ POMIARU NA MODELU STEREOSKOPOWYM Z KAMERY ADS 40**

Beata Hejmanowska<sup>1</sup>, Artur Warchoł<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

<sup>2</sup>Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie:** W niniejszym opracowaniu zaprezentowano wyniki analiz przeprowadzonych w celu określenia wzajemnych relacji pomiędzy wysokością terenu pozyskaną różnymi metodami. Opierając się na wcześniejszych badaniach, porównano wysokości punktów pomierzone bezpośrednio techniką GPS w trybie RTK, uzyskane ze zdjęć kamerą cyfrową ADS40, chmurę punktów otrzymaną z nalotu ALS (Airborne Laser Scanner) oraz model GRID utworzony z danych ALS. Surowe dane ALS opracowano wstępnie w programie TerraScan. Wykorzystując algorytm aktywnego modelu TIN, przeprowadzono automatyczną klasyfikację, wydzielając punkty należące do pokrycia terenu od punktów leżących na powierzchni terenu. Na zbiorze punktów terenowych przeprowadzono triangulację w promieniu 20 m od punktów kontrolnych GPS. Dzięki temu można było obliczyć płaszczyzny trójkątów, w obszarze których zawarte były punkty GPS. Następnie dla współrzędnych (x, y) punktów GPS obliczono wysokości z danych ALS. W analogiczny sposób dla zadanych współrzędnych (x, y) odczytano wysokości ze zdjęć lotniczych. NMT w postaci GRID powstał również przy użyciu nakładki TerraScan z zadaną wielkością oczka siatki równą 1 m.

Najniżej ze wszystkich zbiorów położone są punkty GPS, średnio o ponad 0.2 m poniżej danych ALS. Jak można było przypuszczać, chmura punktów ALS oraz model GRID leżą najbliżej siebie, przy czym model znajduje się średnio 0.1 m powyżej surowych danych ALS.

**Słowa kluczowe:** numeryczny model terenu, analiza dokładności, GPS RTK, ADS40, ALS

## WSTĘP

Lotniczy skaning laserowy (ALS) jest od kilku lat dynamicznie rozwijającą się technologią w segmencie pozyskiwania danych. Jego istotnymi zaletami są: niezależność od warunków pogodowych, duża szybkość rejestracji informacji oraz możliwość bezstykowych pomiarów w miejscach trudno dostępnych, np. osuwiska. Kluczowym jednak pytaniem dla wszelkich pomiarów jest ich dokładność, a co za tym idzie – ich obszary zastosowań.

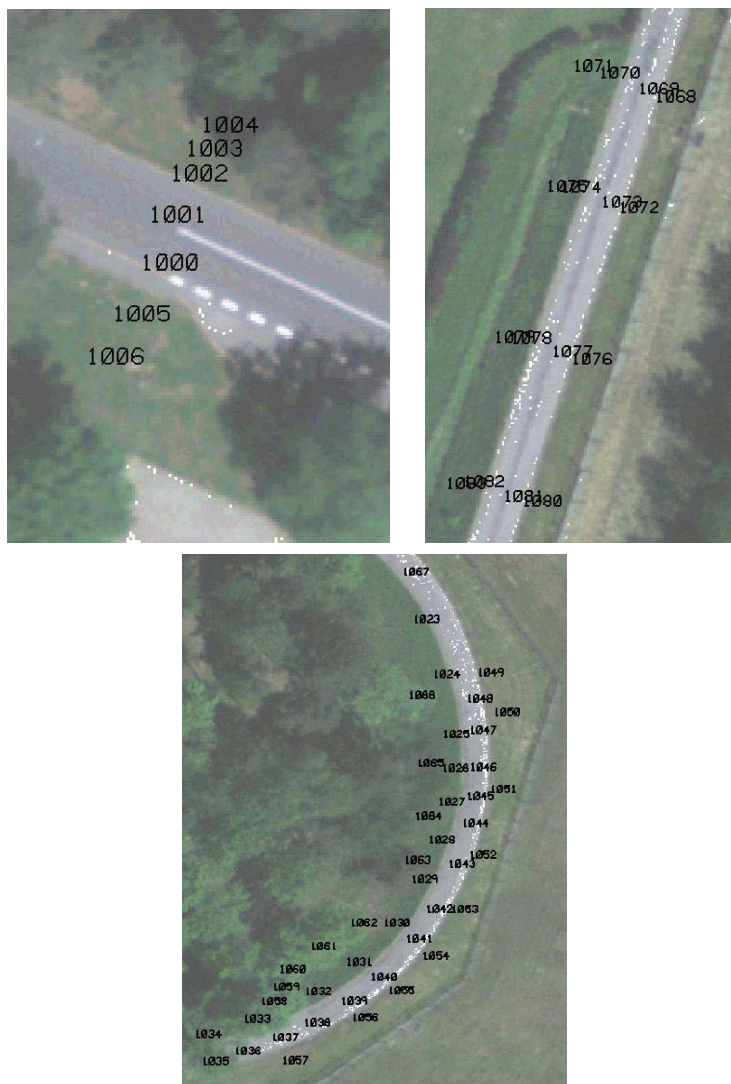
Istnieje bogata literatura na temat dokładności NMT z danych ALS, przykładowo [Reutebuch i in. 2003, Gonçaves-Seco i in. 2006, Ahokas i in. 2008]. Reutebuch i in. [2003] podają średni błąd: +0,22 m i odchylenie standardowe: 0,24 m (w terenach gęsto zalesionych obie te wielkości uzyskano na poziomie ok. 0,30 m). Gonçaves-Seco i in. [2006] otrzymali błąd średni: 0,08–0,25 m, a RMS: 0,12–0,27 m. Najnowsze z cytowanych badania dotyczyły analizy dokładności wielkoobszarowych NMT uzyskanych w ramach narodowego projektu [Ahokas i in. 2008], który obejmował rejestracje ALS z wysokości ok. 2 000 m z wykorzystaniem skanerów Otech ALTM 3100 i ALS50-II. Otrzymano odpowiednio następujące dokładności wysokościowe: błąd średni, asfalt: -0,07/0,06 m, pola uprawne: 0,11/0,10 m i odchylenie standardowe: asfalt: 0,08/0,06 m, pola uprawne: 0,05/0,03 m. Przeglądając literaturę, daje się zaobserwować na początku lat 2000 błąd średni i odchylenie standardowe na poziomie ok. 0.20 m. Następnie maleje wartość odchylenia standardowego do poziomu kilku centymetrów przy pozostającym na poziomie ok. 10 cm błędzie średnim. Oznacza to, że wykorzystując NMT z danych ALS, należy się liczyć z możliwością wystąpienia błędu systematycznego powodującego, że NMT będzie powyżej terenu.

## DANE

W badaniach wykorzystano cztery zbiory danych: surowe dane pomiarowe ALS, NMT utworzony z danych ALS, wysokości uzyskane ze stereoskopowego pomiaru ADS 40 oraz wysokości pomierzone bezpośrednio w technologii GPS. Pomiar GPS tryb RTK wykonano odbiornikiem Trimble 5700 w nawiązaniu do stacji bazowej zlokalizowanej na terenie Joint Research Center – Ispra (Włochy), dzięki uprzejmości A. Simy (JRC). Pomiarów bezpośrednich wykonywano w dwóch seriach. Pierwsza, która odbyła się w roku 2007, obejmowała 17 punktów rozmieszczonych swobodnie na terenie łatwo dostępnym (trawa, asfalt). Podczas drugiej serii wykonanej w 2008 roku pomierzono 82 punkty rozmieszczone głównie w formie przekrojów przez drogi asfaltowe w schemacie: teren – prawa krawędź – oś – lewa krawędź – teren. Dodatkowo zarejestrowano pojedyncze punkty zlokalizowane na asfalcie lub na trawie (ryc. 1). Rejestracja punktów następowała, gdy podczas pomiaru zostały spełnione zadane warunki dokładnościowe: 0.02 m w poziomie oraz 0.03 m w pionie. Ze względu na największą dokładność i wiarygodność zdecydowano, iż punkty te będą stanowiły dane referencyjne, do których będą porównywane wysokości określone innymi metodami.

Model stereoskopowy, ze zdjęć z nowoczesnej fotogrametrycznej kamery cyfrowej Leica ADS40, utworzono przy wykorzystaniu oprogramowania SocketSet. Dla punktów o zadanych współrzędnych (x, y – z pomiaru GPS RTK) na modelu stereoskopowym

pomierzono wysokości terenu. Niestety, dla ok. 20 punktów nie udało się określić wysokości ze względu na zadrzewienie.



Ryc. 1. Punkty kontrolne GPS na tle ortofotomapy  
Fig. 1. GPS control points on the orthophotomap background

Trzeci zbiór stanowiły dane zarejestrowane podczas nalotu ALS przeprowadzonego w roku 2005, zapisane w formacie ASCII, w postaci współrzędnych (X, Y, Z) punktów pierwszego i ostatniego odbicia oraz intensywności odbitego sygnału. Średnia gęstość punktów wynosiła ok. 2 pkt.  $\times m^2$ . Całość prac związanych z danymi ALS przeprowadzono w programie TerraScan.

Surowe dane ALS zostały poddane klasyfikacji. Na pierwszym etapie wykonano filtrację, przenosząc na osobną warstwę tzw. *low points* – punkty, które ewidentnie znajdują się poniżej obrazowanej powierzchni – obarczone łatwo wykrywalnym błędem grubym. Następnie przeprowadzono klasyfikację punktów do warstwy *ground*, która stanowi podstawę do dalszych prac. Klasyfikację przeprowadzono przy następujących ustawieniach (ryc. 2) – klasyfikuj z warstwy 1 – *Default* na warstwę 7 – *Low Points*, wyszukując grupy liczące maksymalnie 6 punktów. Etap ten jest niezwykle istotny ze względu na strukturę algorytmu klasyfikującego punkty jako terenowe. Rozpoczyna on bowiem swe działanie od wyboru najniższych punktów w oczkach siatki o wielkości równej parametrowi maksymalnej wielkości budynku (*max. building size*). Pozostawienie więc *low points* spowodowałoby nieprawidłowe działanie algorytmu oraz błędy w interpretacji danych.

Ryc. 2. Parametry filtracji – klasyfikacja do warstwy *low points*

Fig. 2. Filtration parameters – classify to low points level

Kolejnym etapem było przeprowadzenie automatycznej klasyfikacji chmury punktów w celu wydzielenia z niej punktów terenowych. W wyniku zastosowania algorytmu opartego na aktywnym modelu TIN [Axelsson 2000] z 6.5 mln punktów wejściowych, 1.9 mln zostało zaklasyfikowanych jako punkty terenowe. Parametrami kluczowymi były (ryc. 3):

- maksymalna wielkość budynku (*max building size*) – 60 m – parametr ten odpowiada wielkości oczka siatki, dla której w pierwszym kroku iteracji punkty najniższe w oczku są uznawane za terenowe;
- kąt iteracyjny (*iteration angle*) – kąt pomiędzy płaszczyzną istniejącego już trójkąta stworzonego na podstawie punktów terenowych, a prostą łączącą jeden z jego wierzchołków z punktem, który podlega aktualnie klasyfikowaniu;
- odległość iteracyjna (*iteration distance*) – to odległość pionowa pomiędzy płaszczyzną istniejącego już trójkąta stworzonego na podstawie punktów terenowych a punktem aktualnie klasyfikowanym.

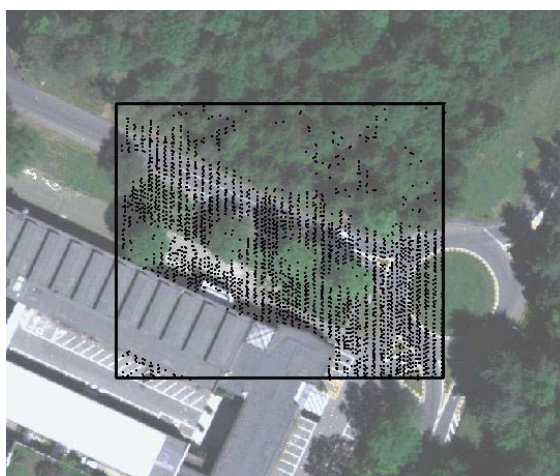
Ryc. 3. Parametry klasyfikacji do warstwy *ground*

Fig. 3. Filtration parameters to ground level

W każdym oczku siatki wybierany jest najniższy punkt i uznawany jest on za terenowy. Następnie prowadzona jest iteracyjna triangulacja zagęszczająca. Każdy nowo powstały trójkąt wprowadza do zbioru swoje wierzchołki, klasyfikując je jako terenowe. Argumentami decydującymi o pozytywnej bądź negatywnej klasyfikacji są odległość iteracyjna i kąt iteracyjny, które wyznaczone są w każdym kroku iteracji. Schemat algorytmu jest istotny zwłaszcza w kontekście otrzymanych wyników. Pomimo iż punkty klasyfikowane są „od najniższego”, chmura punktów i tak znajduje się powyżej pomiaru GPS.

Efektom klasyfikacji była chmura punktów zakwalifikowanych jako punkty leżące na terenie. Z tak przetworzonej chmury punktów utworzono NMT w postaci siatki GRID o oczku równym 1 m. W dalszej kolejności porównano chmurę punktów pomiarowych i  $NMT_{GRID}$  z pomiarem GPS. Porównanie surowych punktów pomiarowych ALS z pomiarem GPS następcza pewne trudności z uwagi na to, że oba pomiary są dyskretne i punkty pomiarowe w obu przypadkach nie pokrywają się. Dlatego też zaproponowano opisaną poniżej metodę postępowania.

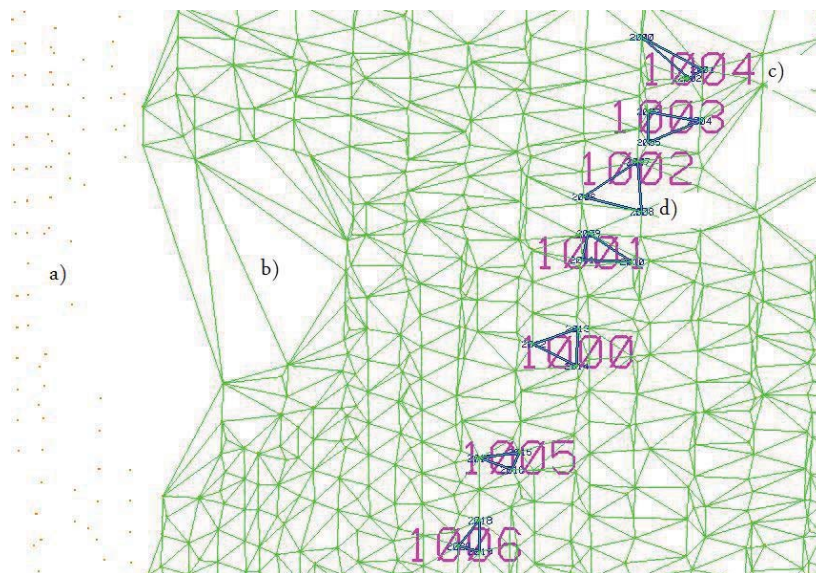
Do pliku projektowego w środowisku MicroStation V8 2004 wczytano punkty pomiarowe GPS oraz wyświetlono warstwę *Ground* z pomiaru ALS (ryc. 4). Następnie z lasy *Ground* wybrano tylko te punkty, które znajdowały się w odległości mniejszej niż 20 m od punktów kontrolnych (GPS). Pozostałe (pkt a) ryc. 5) nie były brane do dalszych analiz.



Ryc. 4. Punkty klasy *Ground* (dane ALSowe) na tle ortofotomapy  
Fig. 4. Ground points (ALS data) on the orthophotomap background

Jeżeli promienie dla poszczególnych punktów zachodziły na siebie, wówczas sumowano wszystkie zbiory dwudziestometrowe i przeprowadzano triangulację dla sumy zbiorów jako jednego obszaru (bez powtarzających się punktów). W utworzonych w ten sposób podzbiorach przeprowadzono triangulację Delaunaya na płaszczyźnie. Tak powstała siatka trójkątów zaznaczona na rycinie 5 literą b).

Kolejnym etapem był wybór trójkątów tejże siatki, w obrębie których znalazły się punkty kontrolne GPS. Trójkąty te wyróżnione zostały na rycinie 5 literą c).



Ryc. 5. Przygotowanie danych ALS w środowisku MicroStation: a) punkty niewykorzystane do triangulacji, b) siatka trójkątów rozpięta na punktach terenowych, c) punkty kontrolne GPS – nr 1000 – 1006, punkt wstawienia w środku napisu, d) wybrany trójkąt, w którym znajduje się punkt kontrolny GPS

Fig. 5. Preparation ALS data in MicroStation: a) points not used for triangulation, b) network of triangles spreading on ground points, c) the GPS control points – No. 1000 – 1006, the insertion point in the middle of the string, d) the selected triangle, which contains GPS control point

Następnie wszystkie wierzchołki zostały ponumerowane i wraz z ich współrzędnymi (X, Y, Z) wyeksportowane do pliku tekstowego. Przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel zestawiono współrzędne w trójki i wyliczono dla każdej z nich płaszczyznę przechodzącą przez wszystkie wierzchołki trójkąta. Dla tak przygotowanych danych pobrano współrzędne (X, Y) punktu kontrolnego GPS i wyinterpolowano liniowo jego wysokość zawartą w płaszczyźnie trójkąta. Do interpolacji użyto równania płaszczyzny przechodzącej przez trzy wierzchołki trójkąta zapisanego w postaci wyznacznika macierzy:

$$\det \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{bmatrix} = 0$$

gdzie:  $P_i = (x_i, y_i, z_i)$  dla  $i = 1, 2, 3$  – wierzchołki trójkąta,  
 $x, y$  – współrzędne punktu kontrolnego GPS,  
 $z$  – wysokość interpolowana z płaszczyzny trójkąta dla zadanych współrzędnych (x, y) punktu kontrolnego GPS.

Do rozwiązywania wszystkich wyznaczników użyto opcjonalnego dodatku do programu Excel o nazwie Solver. Dodatek ten służy do prowadzenia symulacji wyników, a w tym konkretnym przypadku został użyty do optymalizacji. Polegała ona na doprowadzeniu komórki celu (F3 – wyznacznik macierzy) do wartości 0 poprzez zmianę komórki D1 (interpolowana wysokość) (ryc. 6). Komórki B1 do C4, D2 do D4, oraz E1 do E4 używane są do obliczenia wyznacznika macierzy, którego formuła znajduje się w komórce F3. W komórce F1 dla porównania umieszczono wysokość GPS punktu kontrolnego (na ryc. 4 punkt 1000).

	A	B	C	D	E	F
1	1000	471198.32	5072517.80	272.24	1	272.03
2	2012	471196.97	5072518.03	272.25	1	
3	2013	471198.40	5072518.54	272.26	1	0.000000
4	2014	471198.37	5072517.33	272.23	1	

Ryc. 6. Fragment arkusza kalkulacyjnego do interpolacji wysokości ALS dla zadanych współrzędnych (X, Y) punktów kontrolnych GPS

Fig. 6. Portion of the spreadsheet to the interpolation ALS height with pre-defined coordinates (X, Y) GPS control points

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Dla każdego z czterech zbiorów danych zebrano znacznie więcej punktów, jednakże do analiz użyto jedynie tych, dla których posiadano komplet danych wysokościowych, tzn. wysokość GPS, wysokość ADS, wysokość ALS oraz wysokość GRID.

W ramach analizy wysokościowej, z punktami uznanych za wzorcowe (pomierzone GPS RTK), porównano punkty z pozostałymi pomiarów, a ich charakterystyczne parametry zestawiono w tabeli 1.

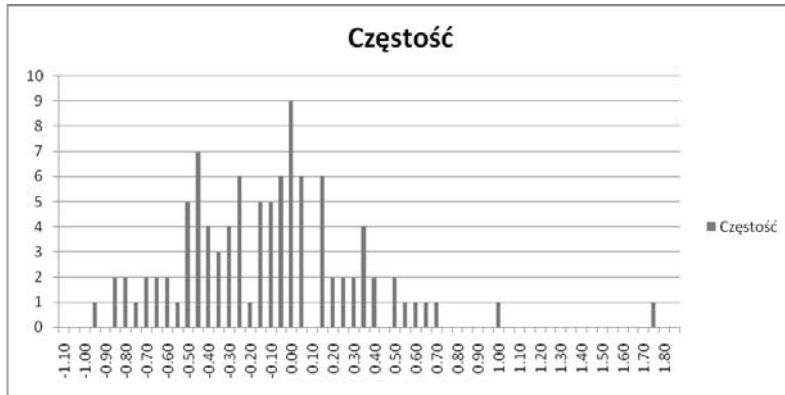
Tabela 1. Zestawienie charakterystycznych parametrów poszczególnych zbiorów danych

Tabela 1. Summary of characteristic parameters of the different data sets

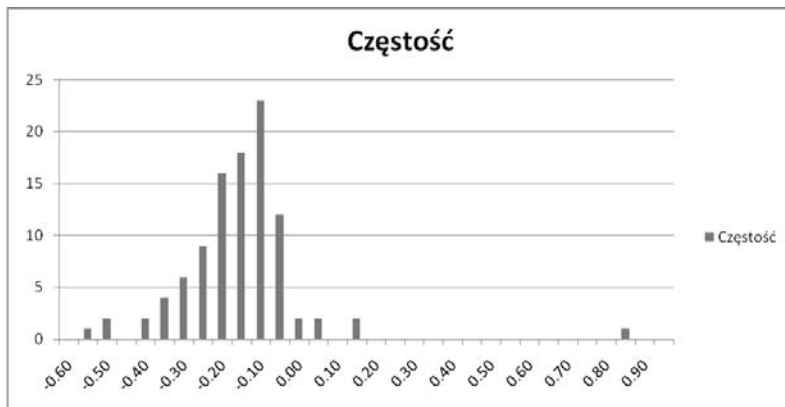
1	Parametry Parameters	$Z_{GPS} - Z_{ADS}$	$Z_{GPS} - Z_{ALS}$	$Z_{GPS} - Z_{GRID}$
		$\Delta_{GPS-ADS}$	$\Delta_{GPS-ALS}$	$\Delta_{GPS-GRID}$
	2	3	4	5
Wszystkie punkty kontrolne (99 pkt.) All control points	Min. – Min.	-0.99	-0.57	-0.82
	Max. – Max.	1.73	0.83	1.11
	Średnia – Average	-0.14	-0.18	-0.19
	Mediana – Median	-0.14	-0.17	-0.20
	Odch. stand. Standard deviation	0.43	0.16	0.25

Dla każdego ze zbiorów (tab. 1) obliczono: wartość minimalną, wartość maksymalną, średnią arytmetyczną, medianę oraz odchylenie standardowe. Następnie dla wszystkich różnic, tzn.  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$  (ryc. 7.),  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$  (ryc. 8.) oraz  $Z_{GPS} - Z_{GRID}$  (ryc. 9.) sporządzono histogramy. Ze względu na małą liczebność prób empirycznie ustalono szerokość przedziałów jako 0.05 m.

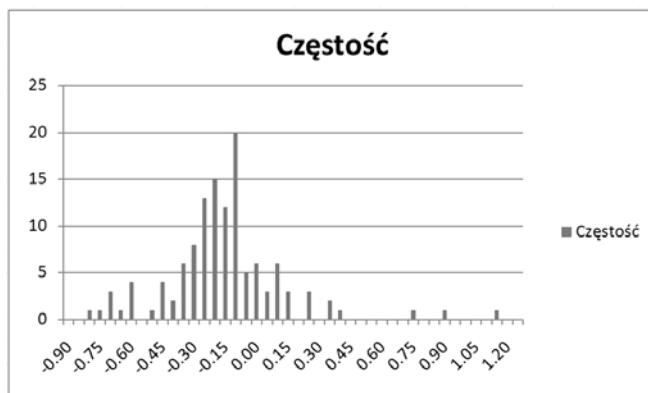




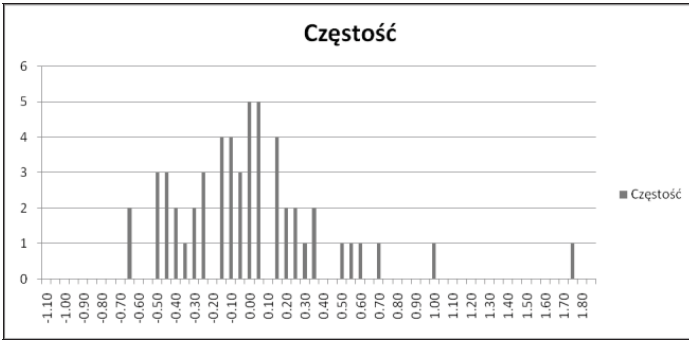
Ryc. 7. Histogram różnic  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$   
 Fig. 7. Histogram of differences  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$



Ryc. 8. Histogram różnic  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$   
 Fig. 8. Histogram of differences  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$

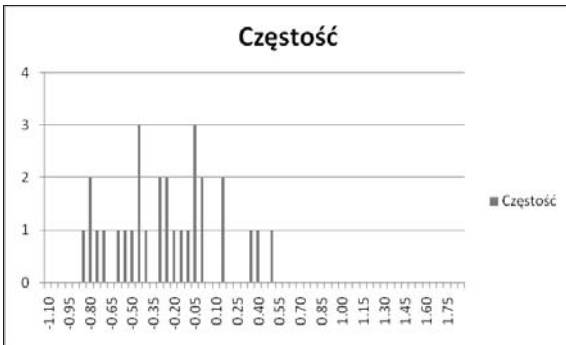
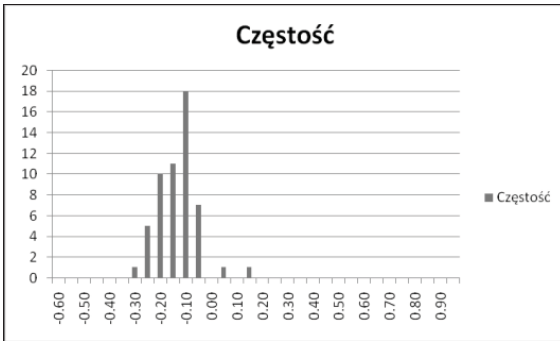


Ryc. 9. Histogram różnic  $Z_{GPS} - Z_{GRID}$   
 Fig. 9. Histogram of differences  $Z_{GPS} - Z_{GRID}$



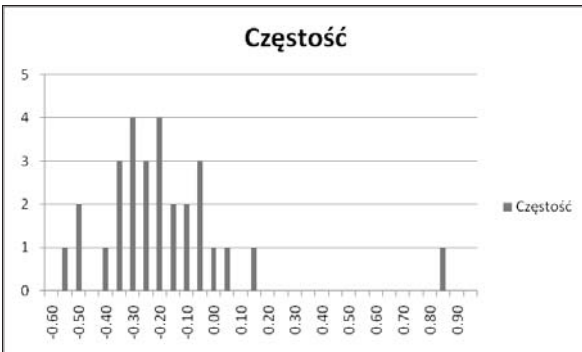
Ryc. 10. Histogram różnic  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$  oraz  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$  - punkty „asfalt”

Fig. 10. Histogram of differences  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$  and  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$  - "asphalt" points



Ryc. 11. Histogram różnic  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$  oraz  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$  - punkty „trawa”

Fig. 11. Histogram of differences  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$  and  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$  - "grass" points



Następnie dokonano podobnej analizy wysokościowej z uwzględnieniem pokrycia terenu. Jako że model GRID jest pochodną chmury punktów ALS, do porównania wykorzystano tylko różnice  $Z_{GPS} - Z_{ADS}$  oraz  $Z_{GPS} - Z_{ALS}$ . Ze zbioru punktów kontrolnych GPS wykorzystano 53 punkty zlokalizowane na asfalcie (ryc. 10.) oraz 29 punktów umiejscowionych na trawie (ryc. 11). Parametry charakterystyczne poszczególnych zbiorów przedstawia tabela 2.

Dane ALS charakteryzują się błędem systematycznym z przedziału od -0.16 do -0.21 m. Odchylenie standardowe różnic wysokości w zależności od pokrycia terenu jest dość zróżnicowane i przyjmuje wartości odpowiednio 0.08 m dla dróg asfaltowych oraz 0.26 m dla terenów pokrytych trawą.

Tabela 2. Zestawienie charakterystycznych parametrów poszczególnych zbiorów danych z uwzględnieniem pokrycia terenu

Table 2. Summary of characteristic parameters of various data sets including land cover

	<b>Parametry Parameters</b>	$Z_{GPS} - Z_{ADS}$ $\Delta_{GPS-ADS}$	$Z_{GPS} - Z_{ALS}$ $\Delta_{GPS-ALS}$
1	2	3	4
II pomiar – asfalt (53 pkt.) 2nd measurement – "asphalt" (53 points)	Min. – Min.	-0.70	-0.32
	Max. – Max.	1.73	0.10
	Średnia – Average	-0.02	-0.16
	Mediana – Median	-0.07	-0.15
	Odch. stand. Standard deviation	0.42	0.08
II pomiar – trawa (29 pkt.) 2nd measurement – "grass" (29 points)	Min. – Min.	-0.89	-0.57
	Max. – Max.	0.50	0.83
	Średnia – Average	-0.28	-0.21
	Mediana – Median	-0.28	-0.25
	Odch. Stand. Standard deviation	0.37	0.26

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania, których wyniki prezentowane są w niniejszej pracy, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Każdy ze zbiorów punktów (ADS, ALS, GRID) znajduje się powyżej punktów GPS i obarczony jest błędem systematycznym odpowiednio 0.14 m, 0.18 oraz 0.19 m.

2. Jak na dane pozyskiwane w roku 2005 – osiągnięte wyniki mieszczą się w przewidywanym zakresie. W ostatnich latach dopracowano algorytmy wykorzystywane podczas pomiarów ALS, co wydatnie wpłynęło na poprawę dokładności pozyskiwanych danych [por. np. Gonçalves-Seco i in. 2006, Ahokas i in. 2008].

3. Zgadząc się na trudności wynikające z porównywania zbiorów dyskretnych, uniknięto dodatkowych błędów związanych z modelowaniem.

4. Jak można było przypuszczać na podstawie wcześniejszych badań [Gołuch et al., 2007], rodzaj pokrycia terenu (asfalt, trawa) wpływa znacznie na dokładność pomiaru. Można to zauważyć w zbiorach ALS, gdzie błąd systematyczny dla punktów „asfalt” i „trawa” jest podobny (odpowiednio -0.16 m i -0.21 m), natomiast znaczna różnica występuje w wartościach odchylenia standardowego (odpowiednio 0.08 m i 0.26 m).

5. Pomimo specyficznego budowy algorytmu klasyfikacji danych ALS (aktywny model TIN) wybrane punkty leżą za wysoko w stosunku do terenu zmierzony z wykorzystaniem techniki GPS RTK.

## PIŚMIENNICTWO

- Axelsson P., 2000. DEM generation from laser scanner data using adaptative TIN models. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. XXXIII/4B, Amsterdam.
- Gołuch P., Borkowski A., Józków G., 2007. Ocena dokładności danych lotniczego skaningu laserowego systemu SCALARS. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 17a, Kraków.
- Ahokas E., Kaartinen H., Hyypä J., 2008. On the quality checking of the airborne laser scanning-based nationwide elevation model in Finland. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.
- Gonçalves-Seco L., Miranda D., Crecente R., Farto J., 2006. Digital Terrain Model generation using airborne LIDAR in a forested area of Galicia, Spain. *7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. Edited by M. Caetano and M. Painho.
- Reutebuch S.E., McGaughey R.J., Andersen H.-E., and Carson W., 2003. Accuracy of a high-resolution LIDAR-based terrain model under a conifer forest canopy. *Canadian Journal of Remote Sensing* 29(5), 1–9.
- Hejmanowska B., Borowiec N., Badurska M., 2008. Processing airborne data to Digital Surface Model and Digital Terrain Model - Final report, [http://home.agh.edu.pl/~galia/research/Processing%20ALS%20%202007%20final%20report\\_5\\_03\\_2008.pdf](http://home.agh.edu.pl/~galia/research/Processing%20ALS%20%202007%20final%20report_5_03_2008.pdf)
- Jankowski M., 2006. *Elementy grafiki komputerowej*. WN-T, Warszawa.
- Soininen A., 2005. Ground classification, prezentacja szkoleniowa firmy TerraSolid TerraScan User's Guide, [www.terrasolid.fi](http://www.terrasolid.fi)

## COMPARISON OF THE ELEVATION OBTAINED FROM ALS, ADS40 STEREOSCOPIC MEASUREMENTS AND GPS

**Abstract.** Research of the vertical accuracy assessments according different methods are in the paper presented. The following data were compared: GPS RTK (as a reference), airborne stereo model from ADS40 camera, cloud of points from the ALS, and a GRID model created from the ALS data. Raw ALS data were initially preprocessed in TerraScan for classifying of ground points (using the active TIN model algorithm). Triangulations in a radius of 20 m around the GPS control points were performed. Then the height corresponding to GPS position (x, y) was from the triangle plane calculated. In the same way height for GPS position was obtained from ADS 40 stereo model. NMT in GRID model of 1 m grid size was generated in TerraScan basing on the points early classified as a ground. The lowest of the all data set was GPS surveying (average, more than 0.2 m below the ALS data). ALS points cloud and GRID model were the closest to each other but the NMT was an average of 0.1 m above the raw data.

**Key words:** ALS, Digital Terrain Model, vertical accuracy assessment, GSP RTK, ADS40

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.09.2010

Do cytowania – For citation: Hejmanowska B., Warchol A., 2010. Analiza porównawcza wysokości terenu uzyskanej za pomocą lotniczego skaningu laserowego, pomiaru GPS oraz pomiaru na modelu stereoskopowym z kamery ADS 40. *Acta Sci. Pol. Geod.*, 13–24.