

Opracowanie danych pochodzących z lotniczego skanowania laserowego

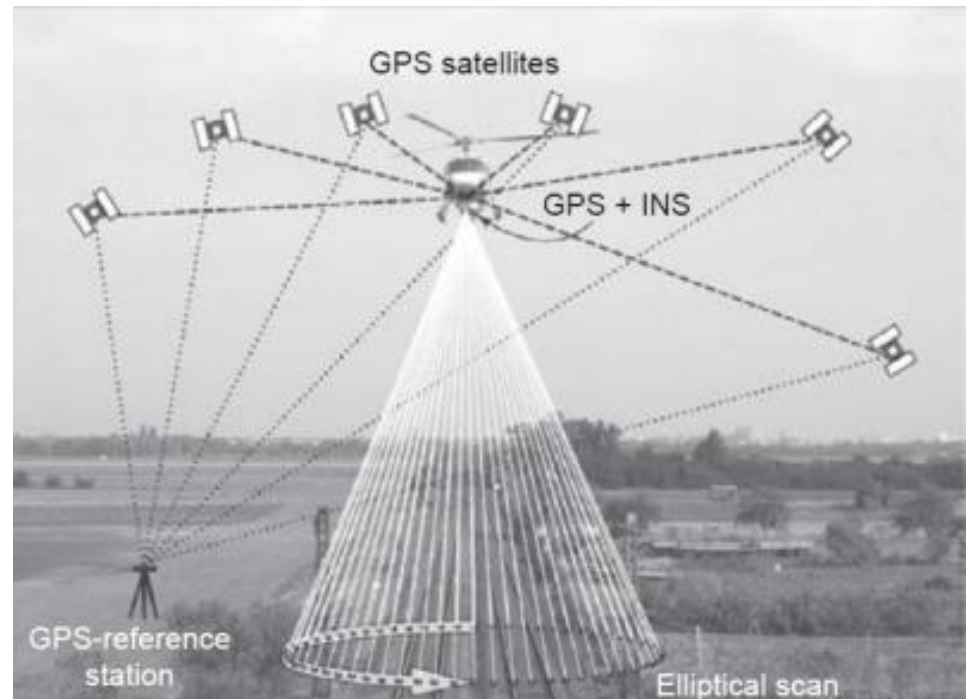


Dział Szkoleń i Marketingu
ProGea Consulting
szkolenia@progea.pl



Nadanie georeferencji chmurze punktów ALS (1)

- **Georeferencja danych ALS** - nadanie pozyskanej chmurze punktów przyjętego terenowego układu współrzędnych.
- **Georeferencja wprost** - ciągła rejestracja elementów orientacji zewnętrznej przez zintegrowany system GNSS/INS oraz rejestrację GNSS na naziemnej stacji referencyjnej o znanym położeniu.



Pozycjonowanie śmigłowca z wykorzystaniem NAVSTAR-GPS i stacji referencyjnej podczas nalotu LiDAR. Źródło: Shan J., Toth C.K 2008

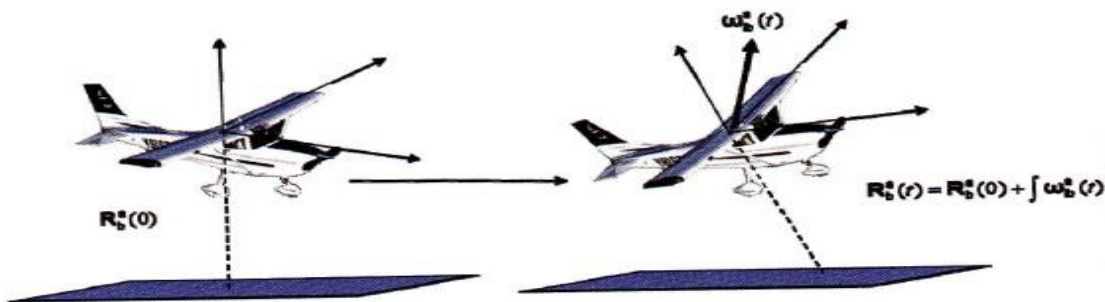
Nadanie georeferencji (2)

Pozycja oraz kąt przechyłu



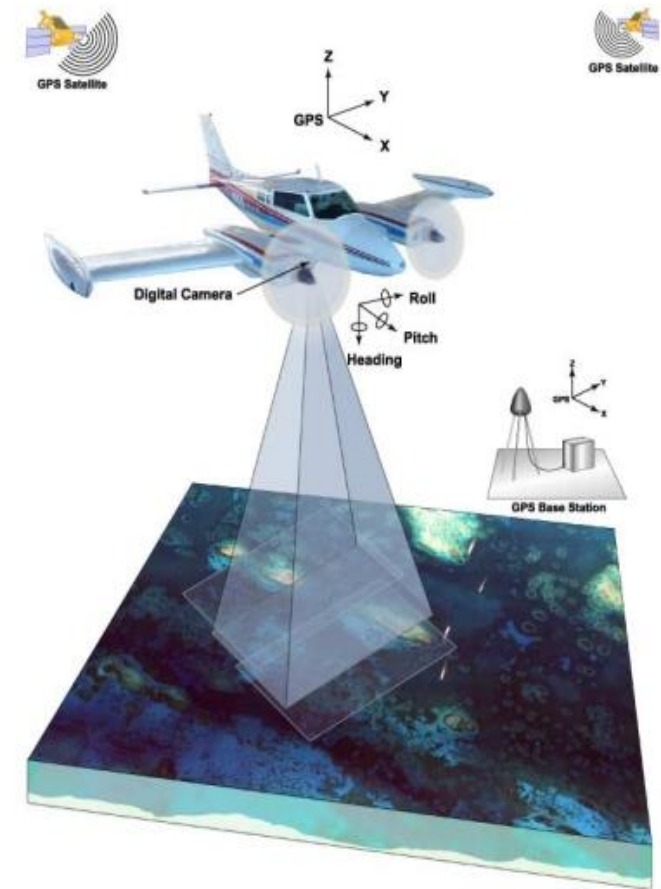
Wyznaczenie pozycji jako funkcji zależnej od czasu.

Źródło: Renslow, 2012



Wyznaczenie kąta przechyłu jako funkcji zależnej od czasu.

Źródło: Renslow, 2012



Komponenty pozyskiwania danych LiDAR.

Źródło: www.e-education.psu.edu

Nadanie georeferencji (3)

Schemat nadawania georeferencji



Źródło: www.geoforum.pl

Rejestracja
elementów
orientacji
zewnętrznej przez
system GNSS/INS

Rejestracja danych
korekcyjnych przez
naziemną stację
referencyjną GNSS

Określenie
płaszczyzn
referencyjnych
i płaszczyzn
kontrolnych

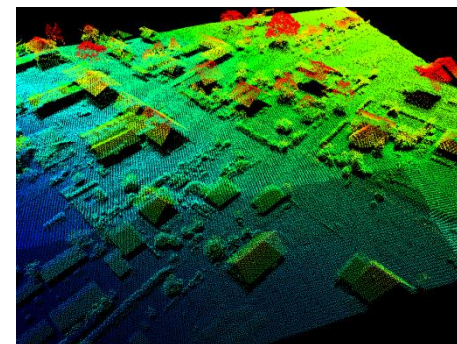
Nadanie
georeferencji



Źródło: www.fieldtechnologies.com



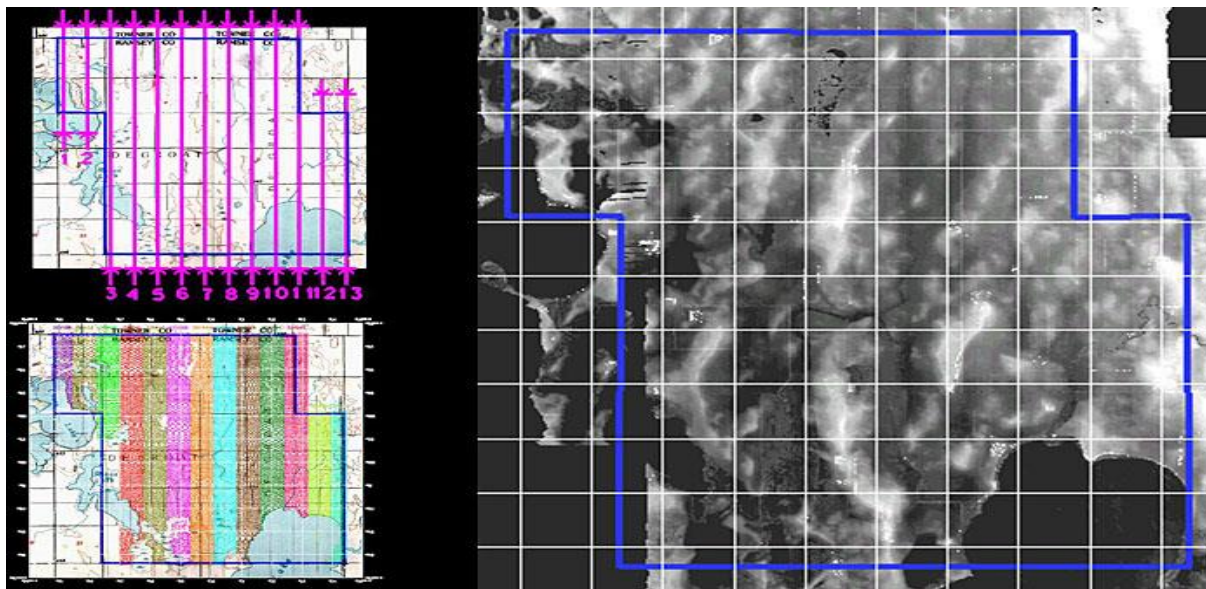
Źródło: www.smcloud.net



Źródło: ProGea Consulting

Nadanie georeferencji (4)

- Bloki LiDAR pokrywa się równoległymi szeregami ALS.
- W celu wewnętrznego wzmocnienia klasycznego bloku stosuje się wtórne wyrównanie danych z wykorzystaniem pasów wzajemnego pokrycia (20-30%) pomiędzy szeregami oraz płaszczyzn referencyjnych pomierzonych w terenie.
- Przykłady płaszczyzn referencyjnych: boiska sportowe, korty tenisowe, połacie dachów dwuspadowych o kalenicach równoległych i prostopadłych do kierunku nalotu ALS.



Planowane pokrycie bloku szeregami. Źródło: www.e-education.psu.edu

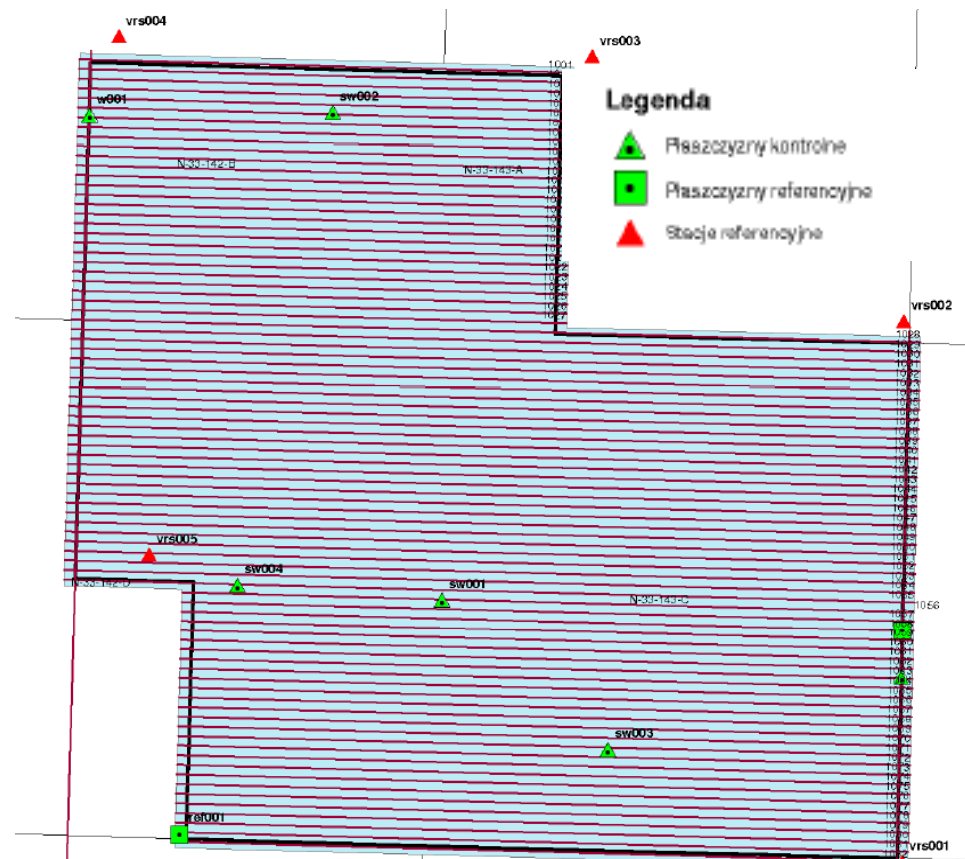
Nadanie georeferencji (5)

Typy płaszczyzn

Płaszczyzny referencyjne - poziome płaszczyzny dające się zidentyfikować na chmurze punktów o pomierzonych w terenie współrzędnych w celu dowiązania szeregów ALS do układu terenowego:

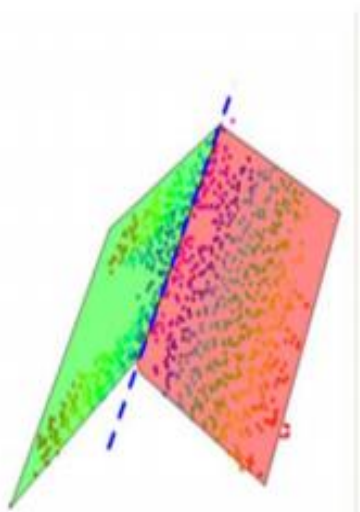
- płaszczyzny referencyjne pełne o pomierzonym położeniu XYH;
- płaszczyzny referencyjne wysokościowe o pomierzonej wysokości H.

Płaszczyzny przejściowe (wiążące) - płaszczyzny znajdujące się w strefach wzajemnego pokrycia pomiędzy sąsiednimi szeregami.



Przykładowy rozkład płaszczyzn w bloku LiDAR. Źródło: ProGea Consulting

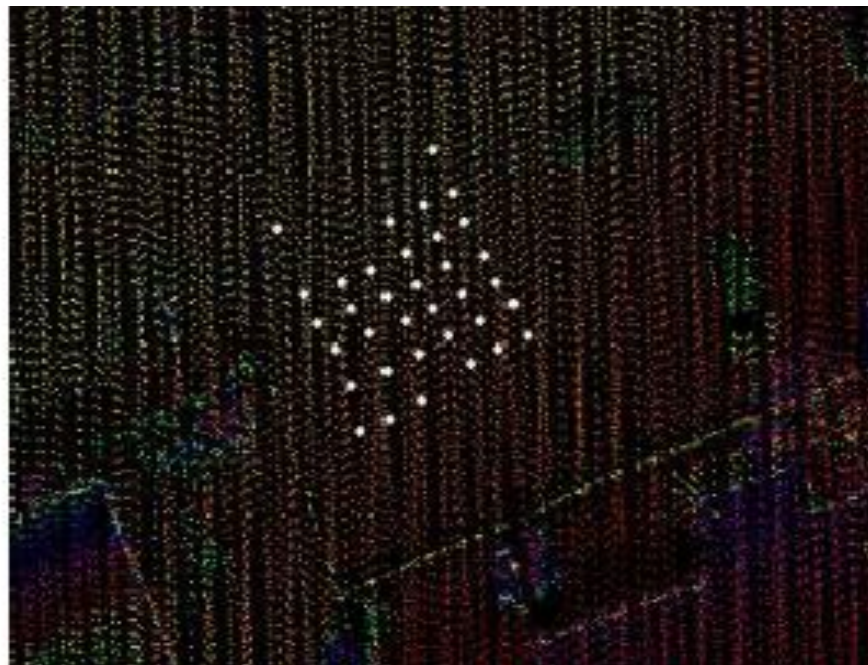
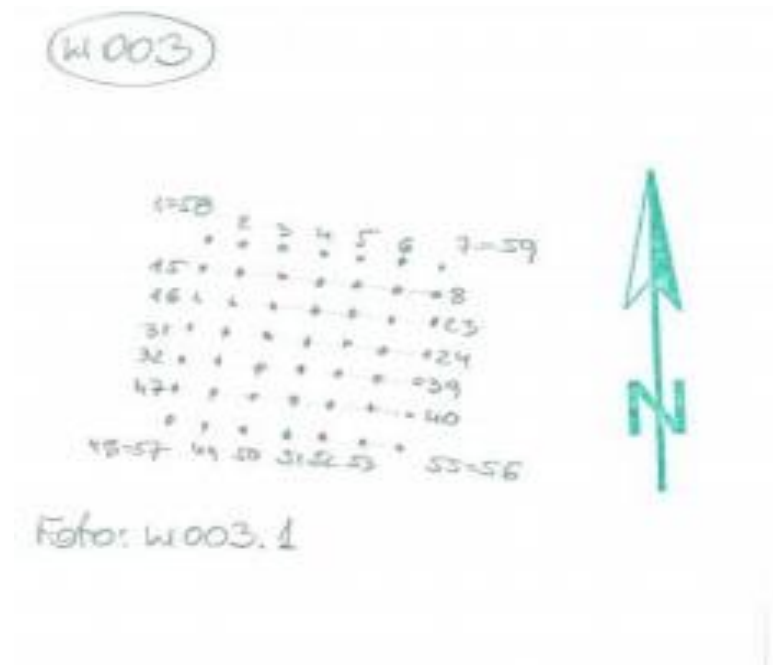
Nadanie georeferencji (6) Płaszczyzna referencyjna



Płaszczyzna referencyjna – połączenie dachów dwuspadowych

Źródło: ProGea Consulting

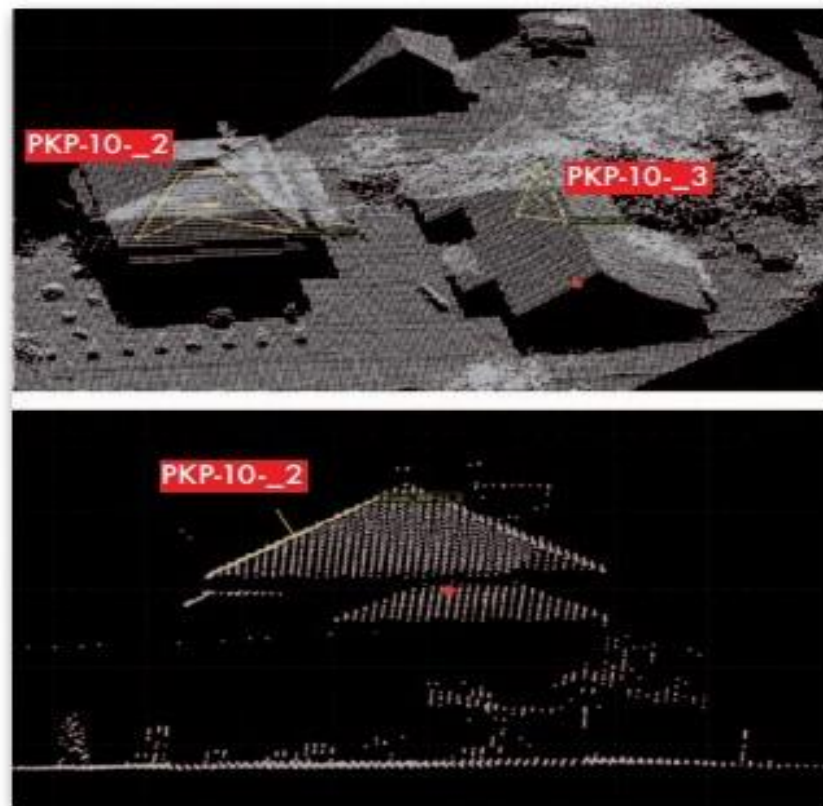
Nadanie georeferencji (7) Płaszczyzna wysokościowa



Płaszczyzna referencyjna wysokościowa – siatka wysokościowa na
utwardzonej powierzchni

Źródło: ProGea Consulting

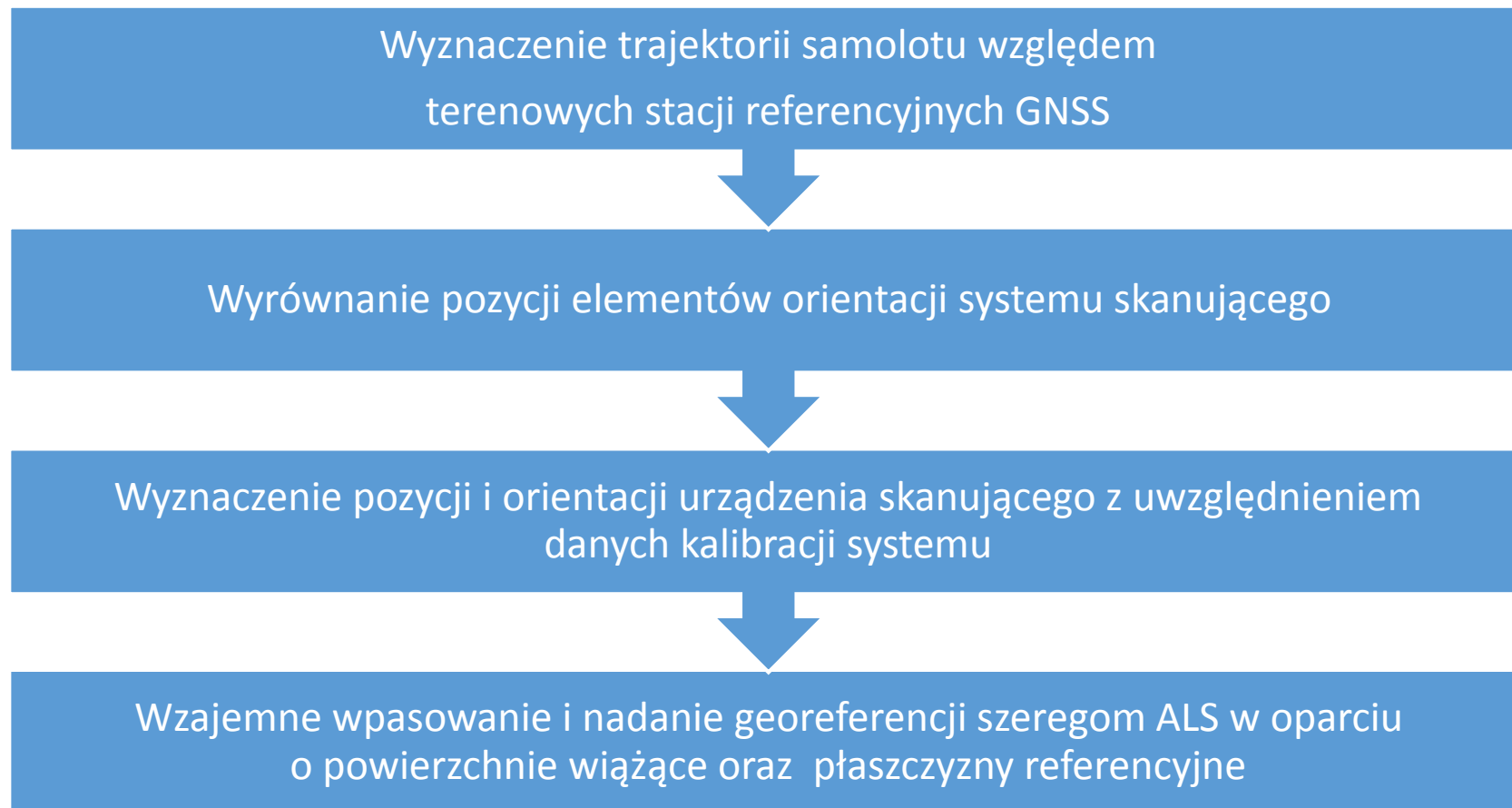
Nadanie georeferencji (8) Płaszczyzny referencyjne



Widok płaszczyzn referencyjnych na ortofotomapie, zdjęciach naziemnych oraz
na chmurach punktów ALS

Źródło: Adamek, Bratuś, Kurczyński 2012

Nadanie georeferencji (9) Etapy



Nadanie georeferencji (10)

Dokładność

Elementy mające wpływ na dokładność georeferencji:

Plan nalotu LiDAR

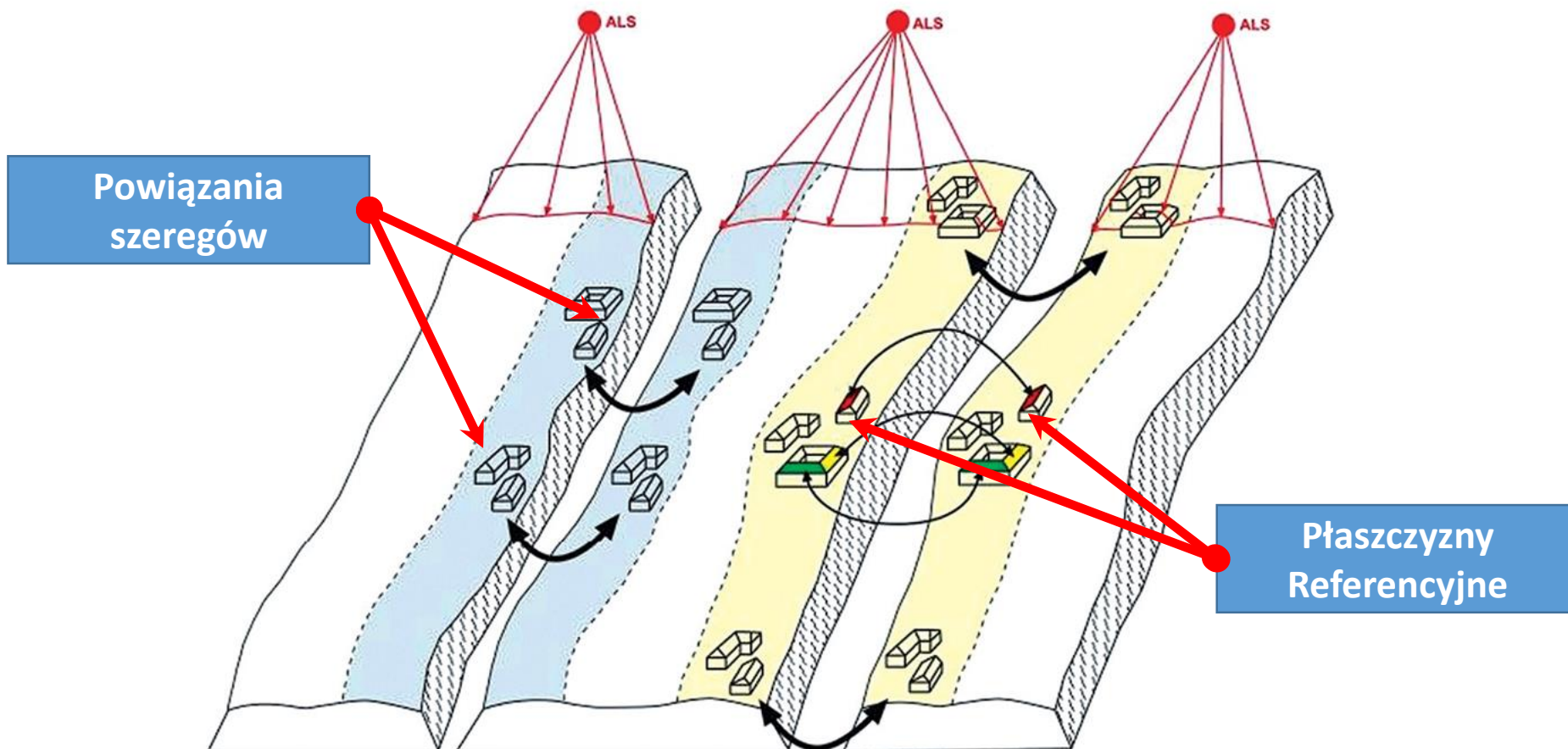
Rozkład stacji referencyjnych GNSS

Rozkład liczba i jakość płaszczyzn referencyjnych

Proces obliczeniowy i kontrola jakości

Blokowe wyrównanie szeregów (1)

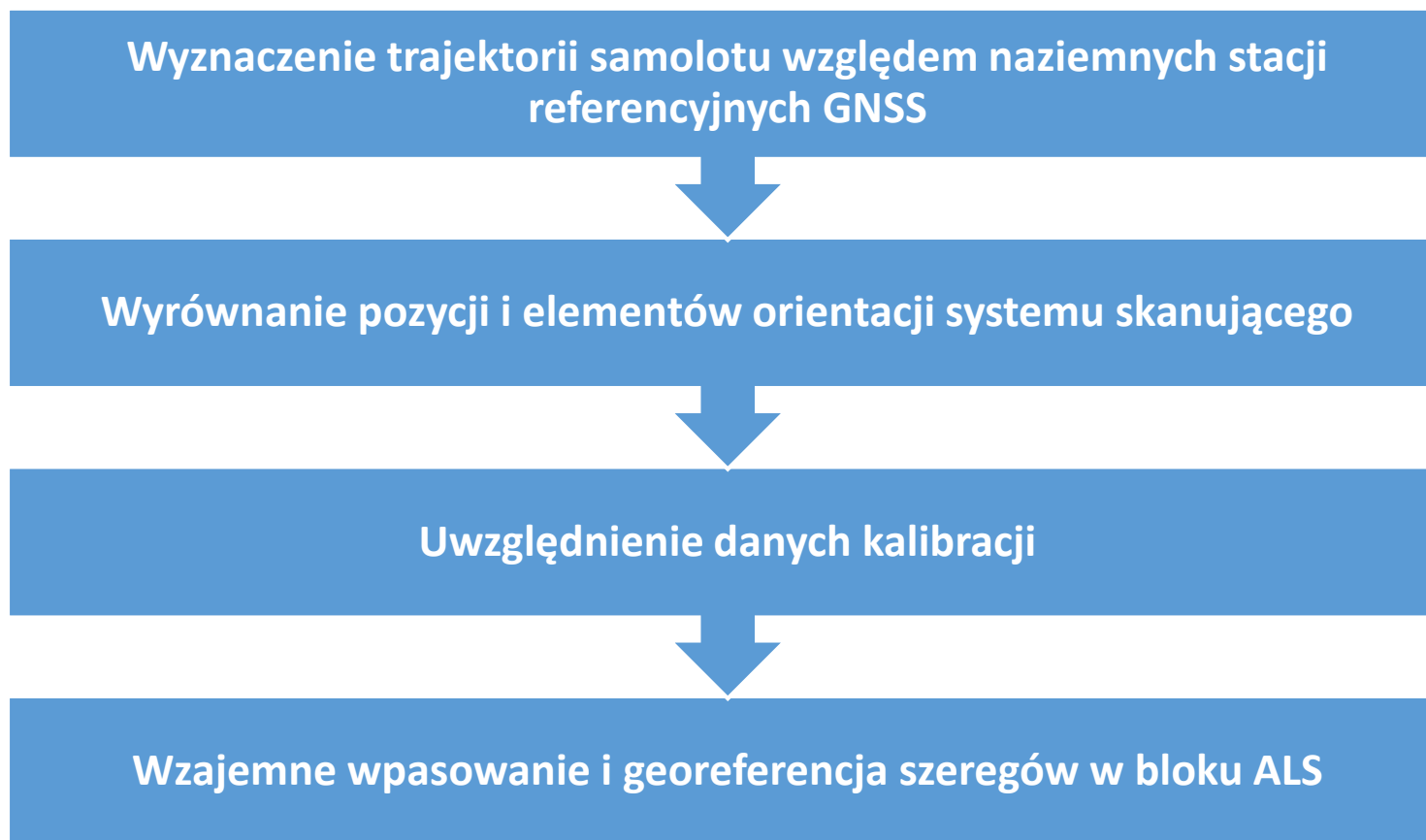
Idea blokowego wyrównania



Źródło: Pfeifer, 2008

Blokowe wyrównanie szeregów (2)

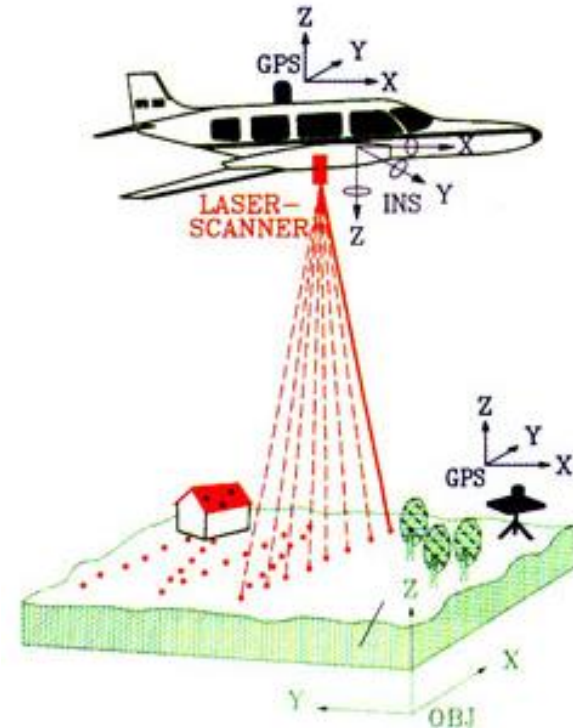
Proces wyrównania blokowego szeregów ALS



Blokowe wyrównanie szeregów (3)

Orientacja systemu skanującego

- Obliczenie pozycji i orientacji systemu skanującego.
- Redukcje mimośrodowe położenia anteny GNSS względem IMU oraz IMU względem skanera i kamery cyfrowej.
- Wyznaczenie elementów orientacji zewnętrznej (EO) kamery w momentach ekspozycji zdjęć.



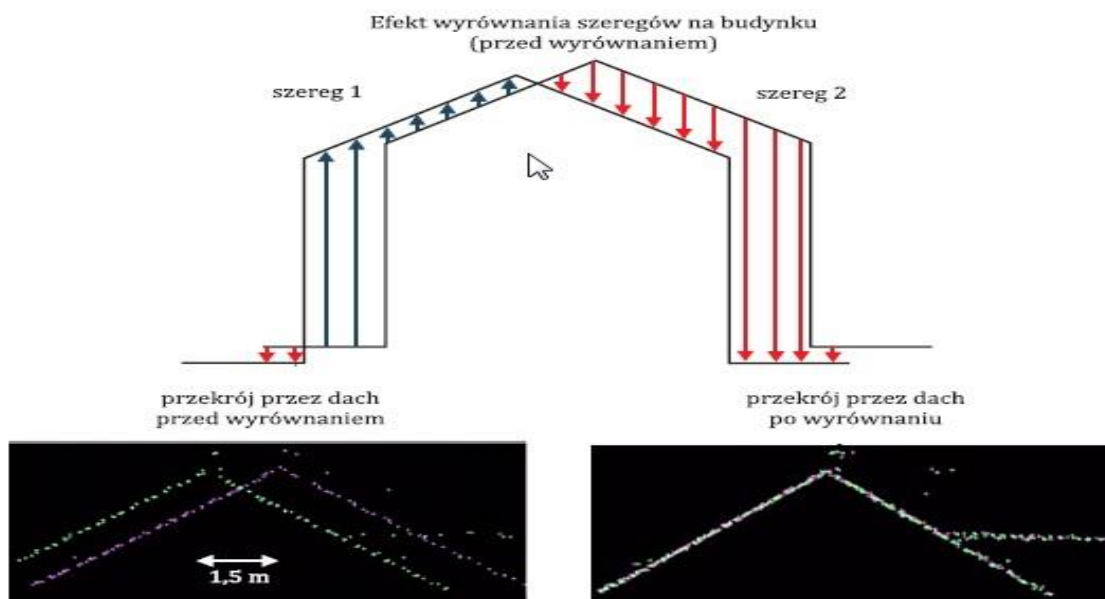
Georeferencja danych ALS na podstawie GPS i INS skanera.
Źródło: www.e-education.psu.edu

Blokowe wyrównanie szeregów (4)

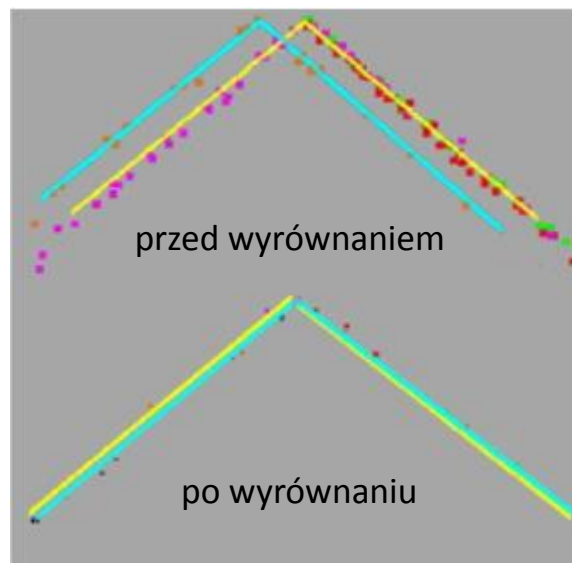
Proces wyrównania szeregów

Proces **wyrównania szeregów** - polega na wzajemnym wpasowaniu szeregów oraz ich dopasowaniu do płaszczyzn referencyjnych.

W jednoczesnym procesie wyrównawczym wiąże się wszystkie szeregi w jeden spójny geometrycznie blok, który dzięki płaszczyznom referencyjnym nadaje się współrzędne terenowe.



Źródło: Kurczyński 2014 za Pfeifer, 2008



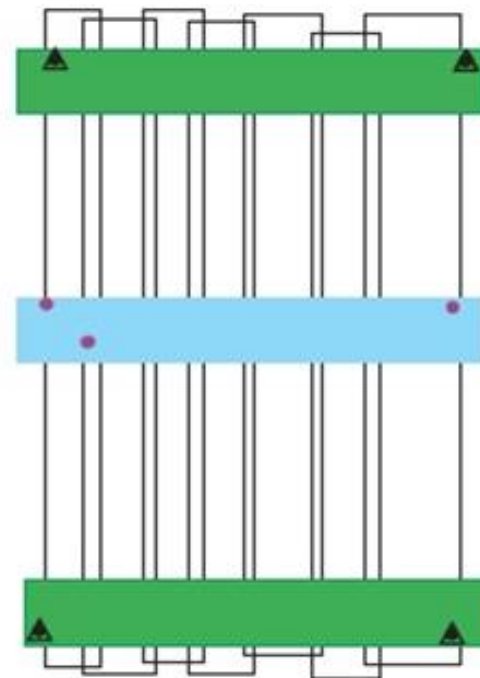
Źródło: ProGea Consulting

Blokowe wyrównanie szeregów (5)

Rozkład płaszczyzn referencyjnych w bloku LiDAR



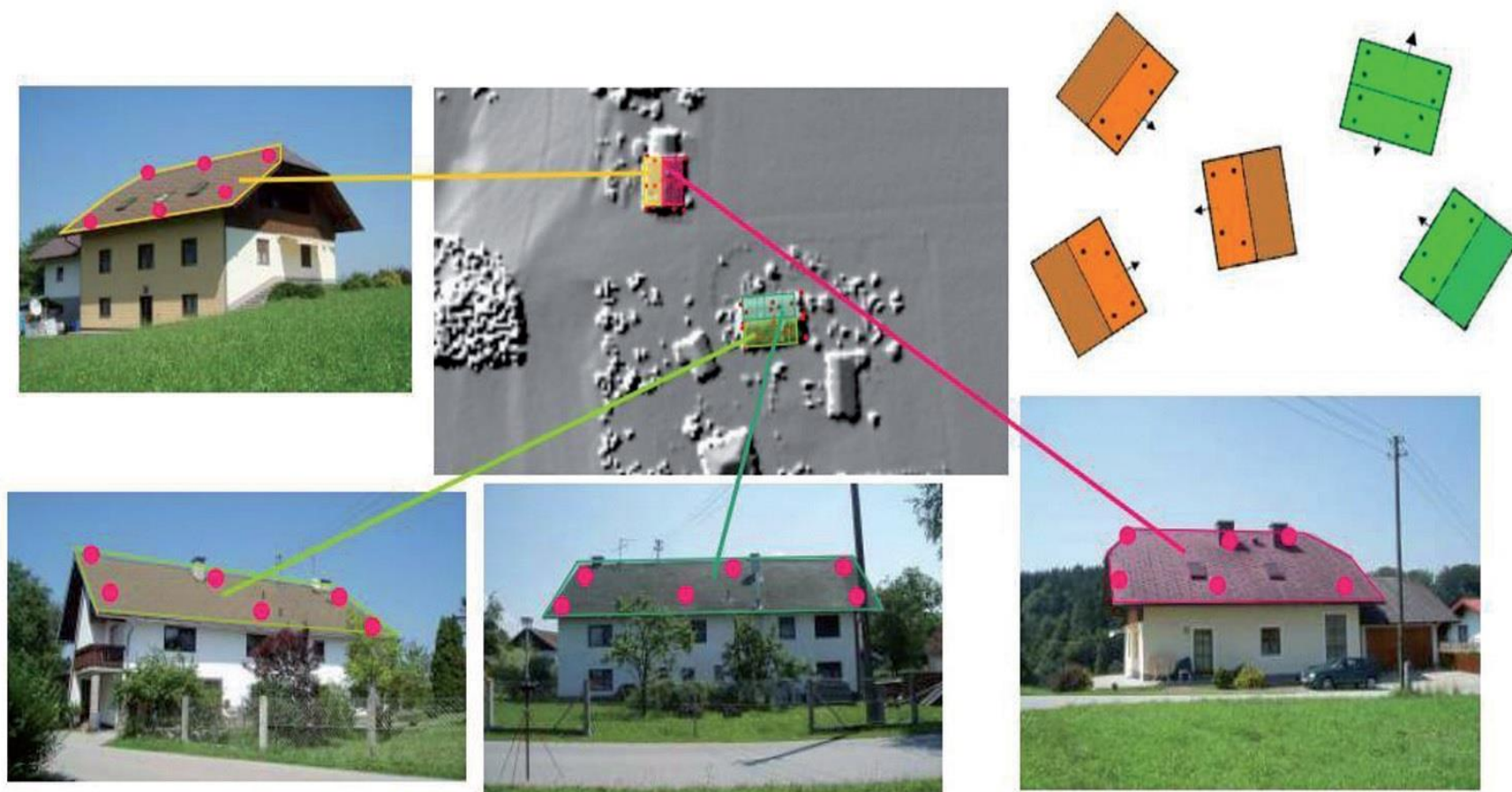
a) przypadek zwykły –
bez szeregów poprzecznych



b) przypadek z szeregami
poprzecznymi

Źródło: Pfeifer, 2008

Blokowe wyrównanie szeregów (6) Powierzchnie kontrolne

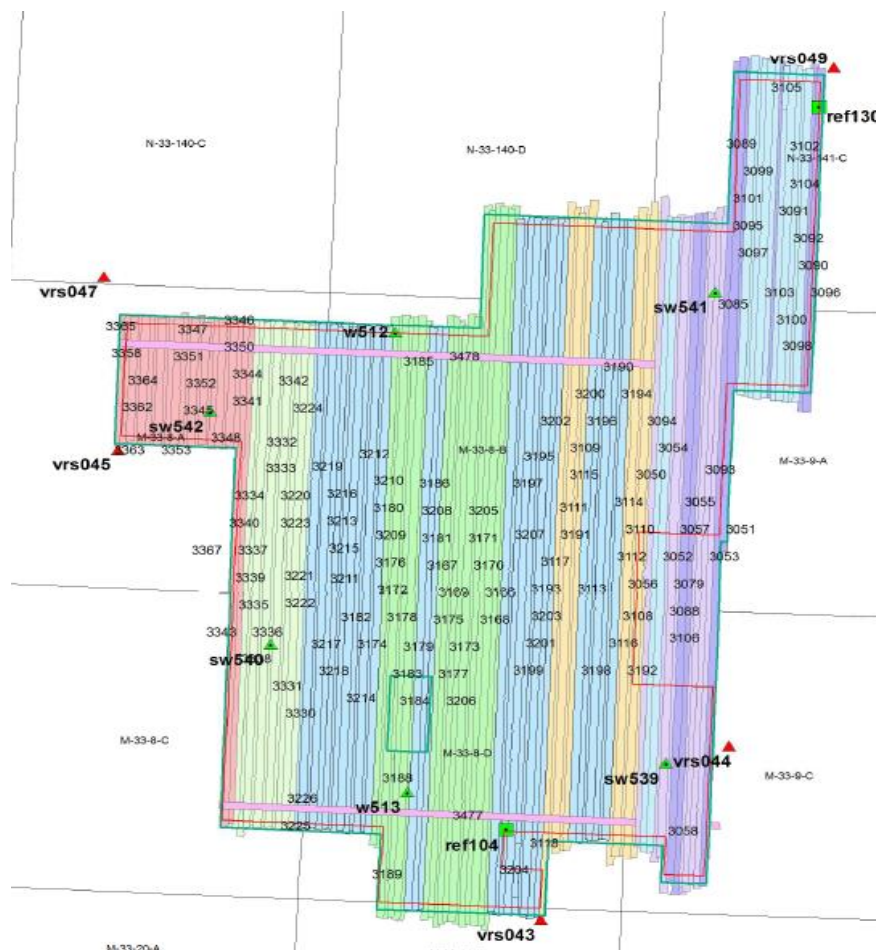


Przykład wykorzystania dachów dwuspadowych jako powierzchni kontrolnych

Źródło: Pfeifer, 2008

Blokowe wyrównanie szeregów (7)

Zalety metody



Szeregi skanowania ALS. Źródło: ProGea Consulting

- Zmniejszenie wpływu błędów kalibracji systemu na platformie lotniczej
- Większa dokładność sytuacyjna i wysokościowa, nieosiągalna na podstawie tylko georeferencji wprost

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (1)

Zasady klasyfikacji chmury punktów

- przypisanie każdemu punktowi chmury ALS właściwego atrybutu związanego z obiektem, na którym nastąpiło odbicie promienia lasera
- rozróżnienie punktów ALS reprezentujących grunt, roślinność (różne jej klasy wg wysokości), budynki i inne zdefiniowane klasy (np. wg ASPRS)



Sklasyfikowana chmura punktów ALS (ISOK)

Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (2)

Klasy chmury punktów według ASPRS

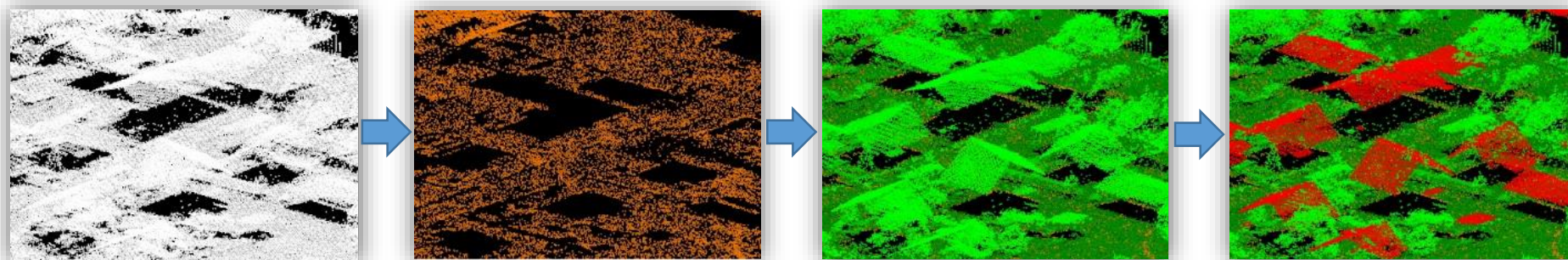
Wartość klasyfikacji (bity 0:4)	Klasa	Tłumaczenie
0	Created, never classified	punkty utworzone, nigdy nie klasyfikowane
1	Unclassified	punkty niesklasyfikowane
2	Ground	punkty leżące na gruncie
3	Low Vegetation	punkty reprezentujące niską roślinność
4	Medium Vegetation	punkty reprezentujące średnią roślinność
5	High Vegetation	punkty reprezentujące wysoką roślinność
6	Building	punkty reprezentujące budynki
7	Low Point (noise)	szum (punkty omyłkowe)
8	Model Key-point (mass point)	punkty kluczowe NMT
9	Water	punkty reprezentujące obszary pod wodami
10	Reserved for ASPRS Definition	zarezerwowane dla przyszłych definicji ASPRS
11	Reserved for ASPRS Definition	zarezerwowane dla przyszłych definicji ASPRS
12	Overlap Points	punkty z obszarów wielokrotnego pokrycia
13–31	Reserved for ASPRS Definition	zarezerwowane dla przyszłych definicji ASPRS
	Klasy wykorzystywane w projekcie ISOK	
	Pozostałe klasy	

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (3)

Automatyczna klasyfikacja chmury punktów ALS (1)

Schemat klasyfikacji:

- 
- klasyfikacja punktów niskich (ang. low points; błędnych ech itp.);
 - klasyfikacja punktów izolowanych (ang. isolated points);
 - klasyfikacja punktów należących do gruntu (ang. ground);
 - klasyfikacja punktów na podstawie wysokości względnej (ponad gruntem np. roślinność);
 - klasyfikacja punktów za pomocą algorytmów detekcji budynków (ang. buildings) czy linii energetycznych



Etapy klasyfikacji chmury punktów ALS

Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (4)

Automatyczna klasyfikacja chmury punktów ALS (2)

Dodatkowe atrybuty chmury punktów ALS wykorzystywane w procesie automatycznej jej klasyfikacji:

numer kolejnego echa

intensywność odbicia impulsu

czas pozyskania danych

wartość kąta skanowania (nadir-off)

kierunek skanowania

odległość od skanera

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (5)

Automatyczna klasyfikacja chmury punktów ALS (3)

Wykorzystanie makropoleceń do automatycznej klasyfikacji chmury punktów ALS

zaprojektowanie parametrów klas docelowych dla całego Bloku LiDAR

usprawnienie pracy na dużych zbiorach danych przy zapewnieniu kontroli jakości

oszczędność czasu, brak subiektywności , oszczędności finansowe

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (6)

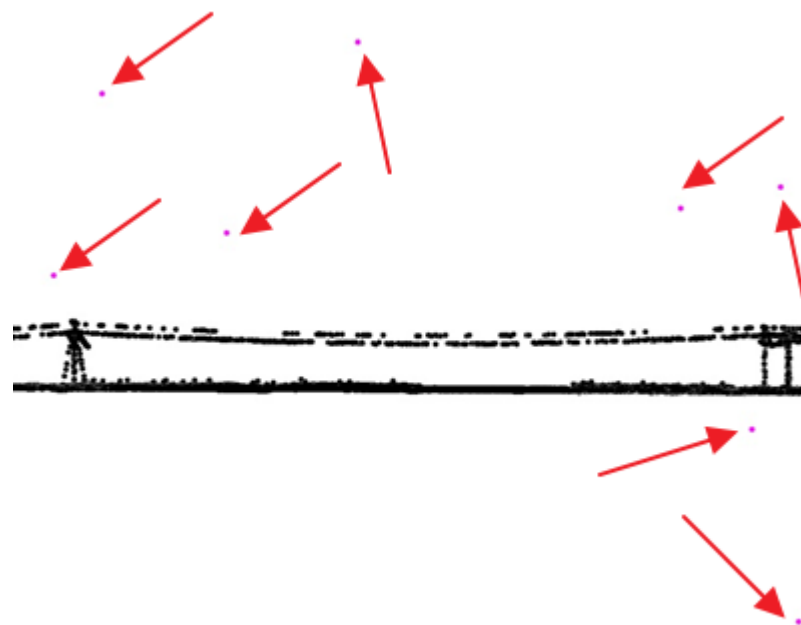
Klasyfikacja punktów typu Low Point

Klasa „Low Points”

punkty niskie

punkty izolowane

punkty poniżej poziomu terenu



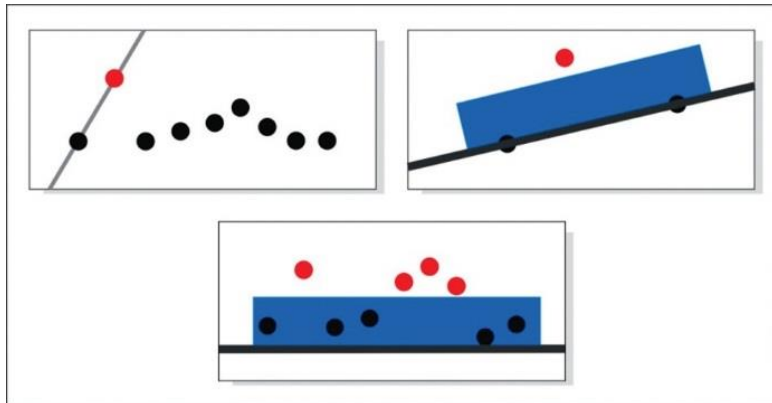
Przekrój przez chmurę punktów ALS. Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (7)

Klasyfikacja punktów leżących na gruncie (1)

Analizy oparte na lokalnym sąsiedztwie

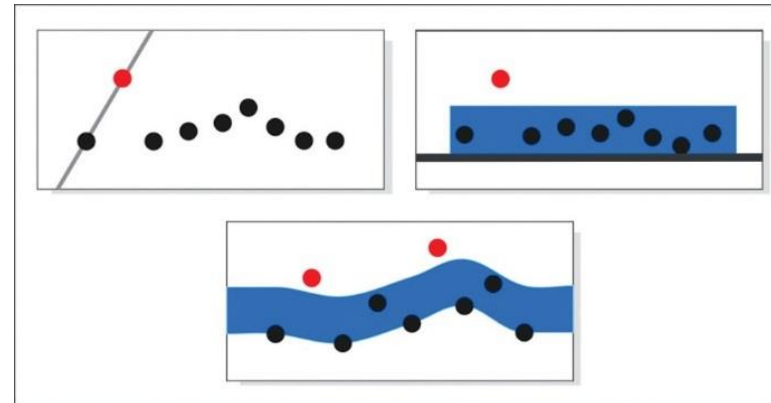
- punkt a punkt,
- punkt a punkty,
- punkty a punkty.



Źródło: Maślanka, 2011

Analizy warunków iteracyjnych

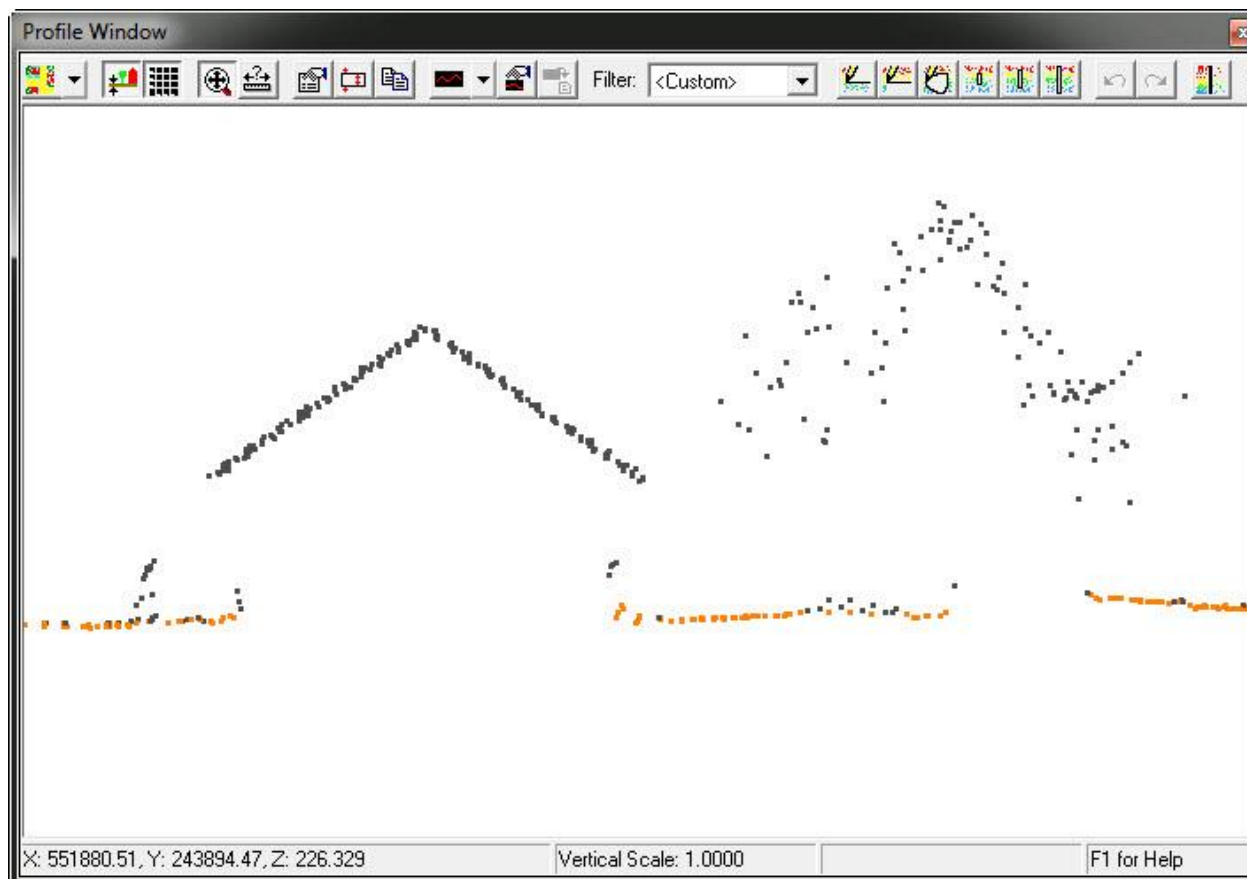
- wartości nachylenia,
- różnicy wysokości,
- odległości punktu od powierzchni terenu.



Źródło: Maślanka, 2011

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (8)

Klasyfikacja punktów leżących na gruncie (2)



Przekrój podłużny przez sklasyfikowaną chmurę punktów ALS

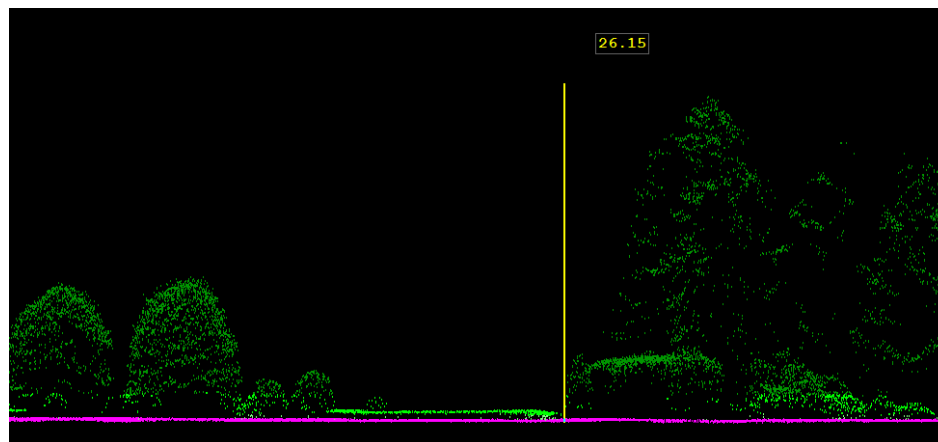
Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (9)

Klasyfikacja według wysokości względnej (1)

Progowanie według wysokości względnej:

- jakość sklasyfikowanego gruntu
- wartości wysokości zależne od lokalnych uwarunkowań przyrodniczych



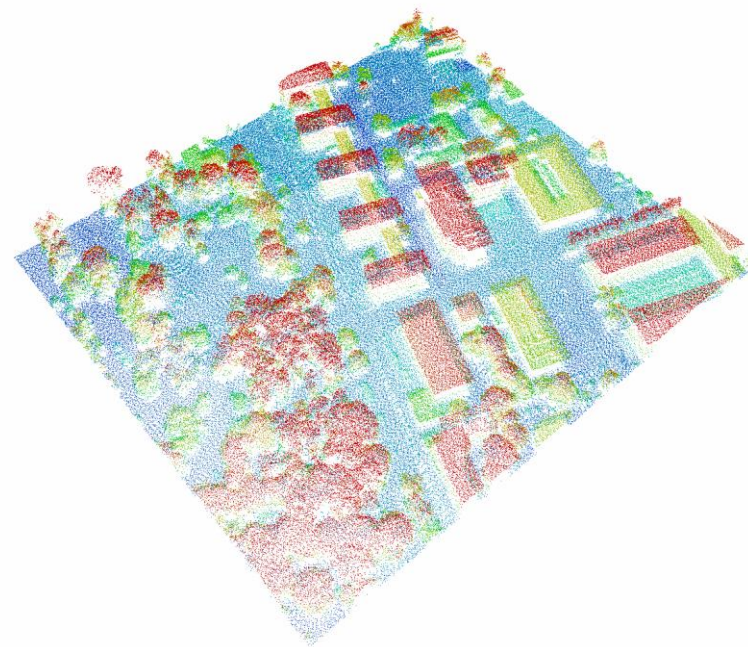
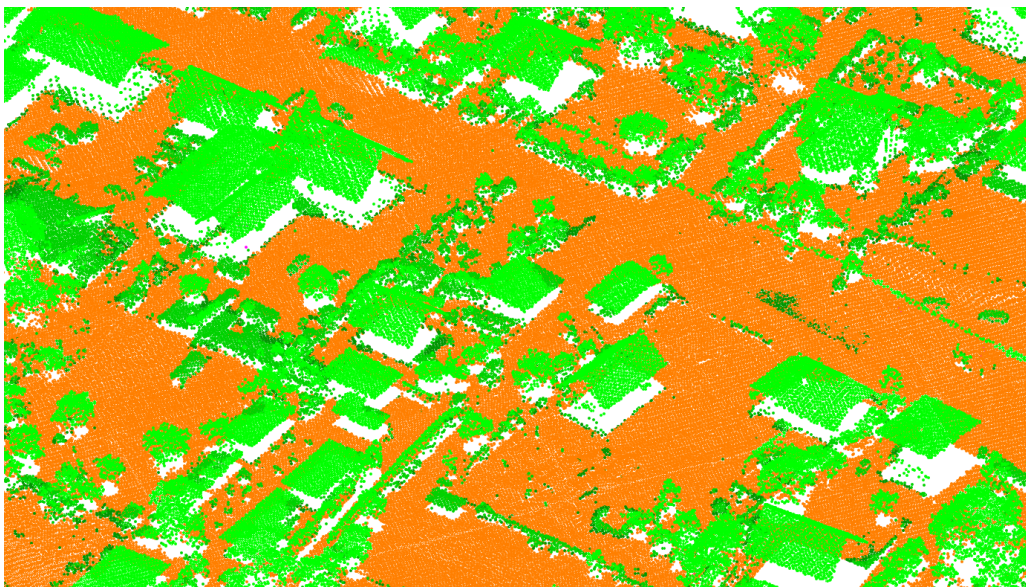
Przykładowe przedziały wysokościowe definiujące poszczególne klasy roślinności:

Klasa punktów	Wysokość [m]
niska roślinność	0 – 0,40
średnia roślinność	0,40 – 2,00
wysoka roślinność	> 2,00

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (10)

Klasyfikacja według wysokości względnej (2)

Widok izometryczny sklasyfikowanej chmury punktów ALS według progów wysokości względnej

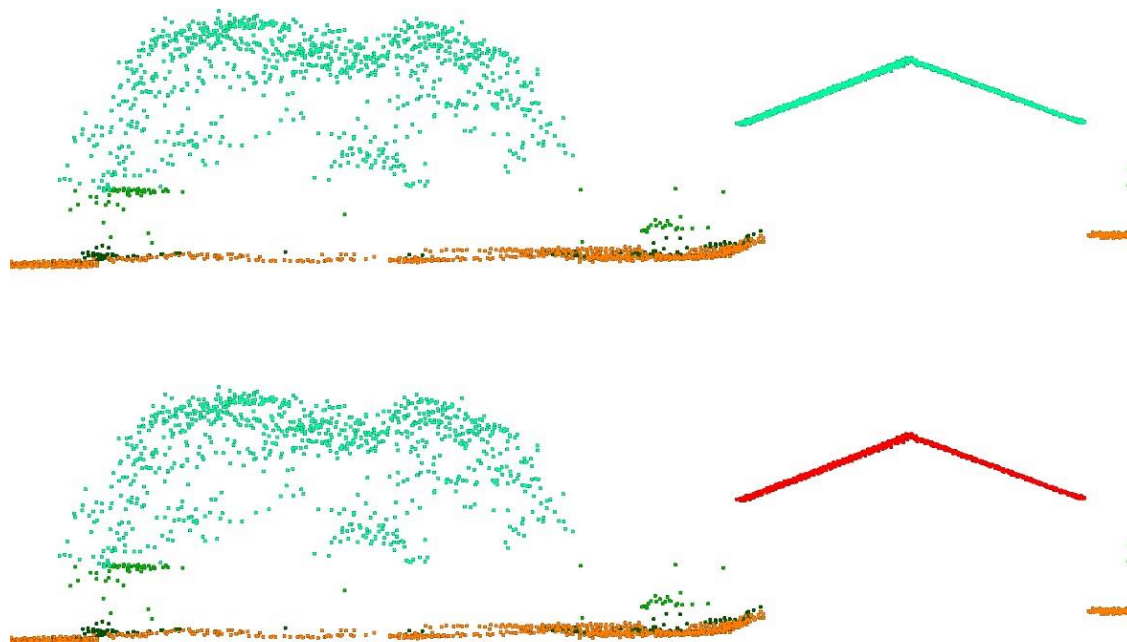


Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (11)

Automatyczne wykrywanie klasy budynków

Wyszukiwanie płaszczyzn planarnych spełniających ustaloną minimalną powierzchnię.



Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (12)

Rodzaje manualnej klasyfikacji chmury punktów

Manualna klasyfikacja chmury punktów ALS

Korekta (edycja) punktowa

Korekta punktów wewnątrz okręgu/prostokąta
o zadanej wielkości

Korekta punktów pod lub ponad zadaną linią

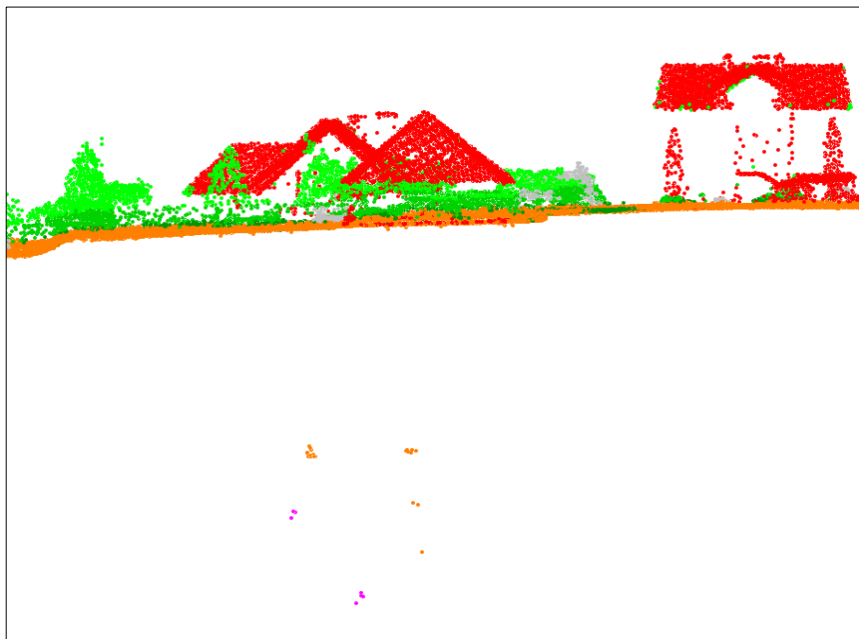
Korekta punktów pomiędzy dwoma zadanymi liniami

Korekta punktów wewnątrz lub na zewnątrz zdefiniowanego obszaru

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (13)

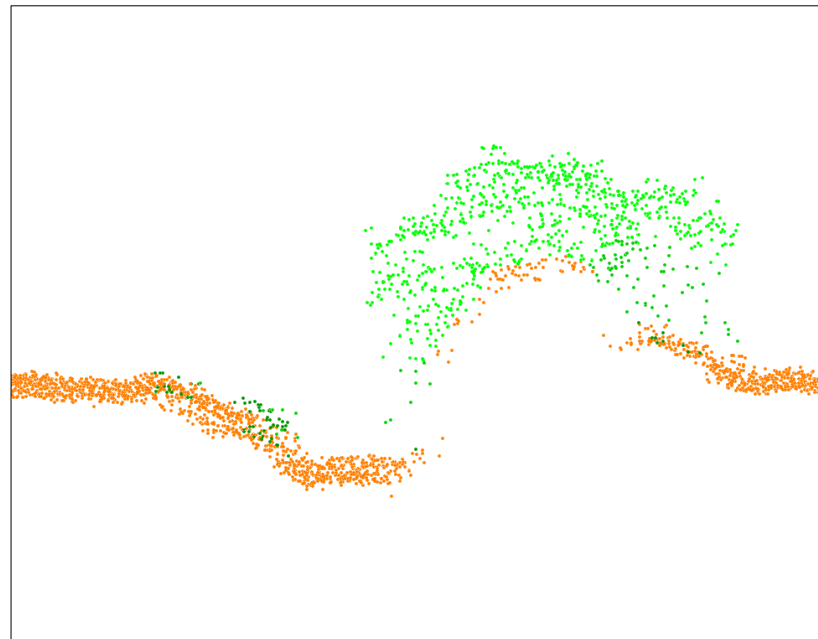
Błędy automatycznej klasyfikacji (1)

- punkty leżące pod terenem włączone do gruntu



Źródło: ProGea Consulting

- punkty roślinności włączone do gruntu

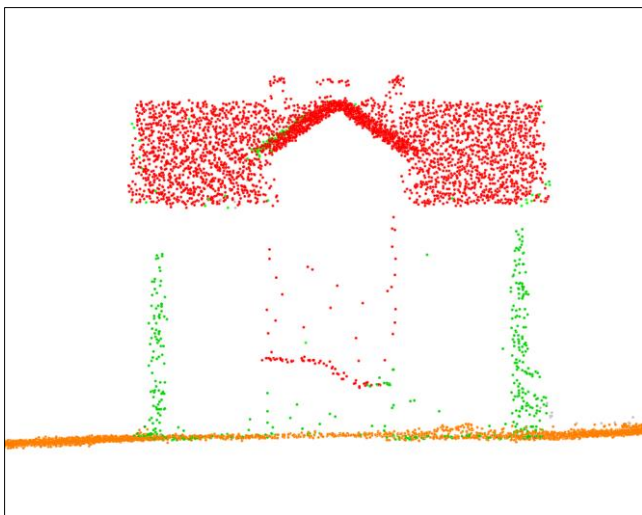


Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (14)

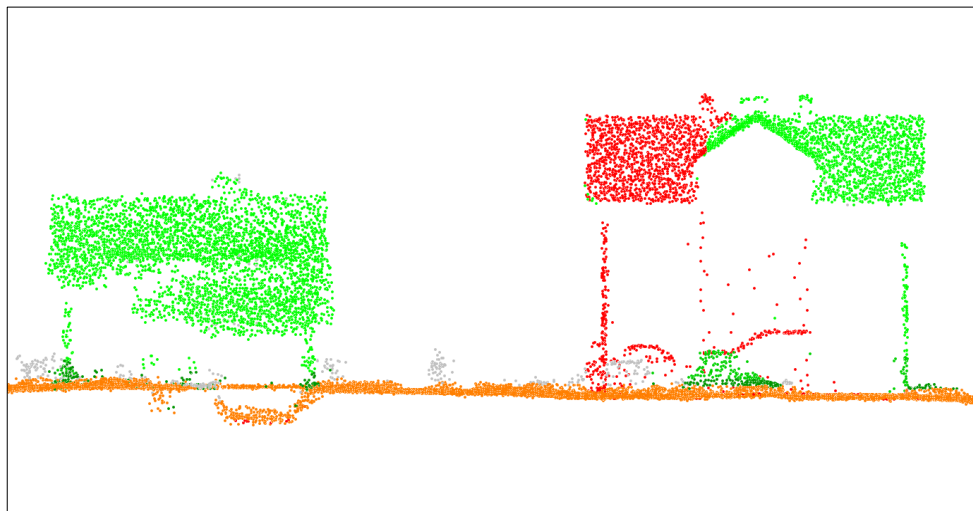
Błędy automatycznej klasyfikacji (2)

- ściany budynków zaklasyfikowane do roślinności (kolor zielony)



Źródło: ProGea Consulting

- dachy budynków w klasie wysokiej roślinności (kolor zielony)

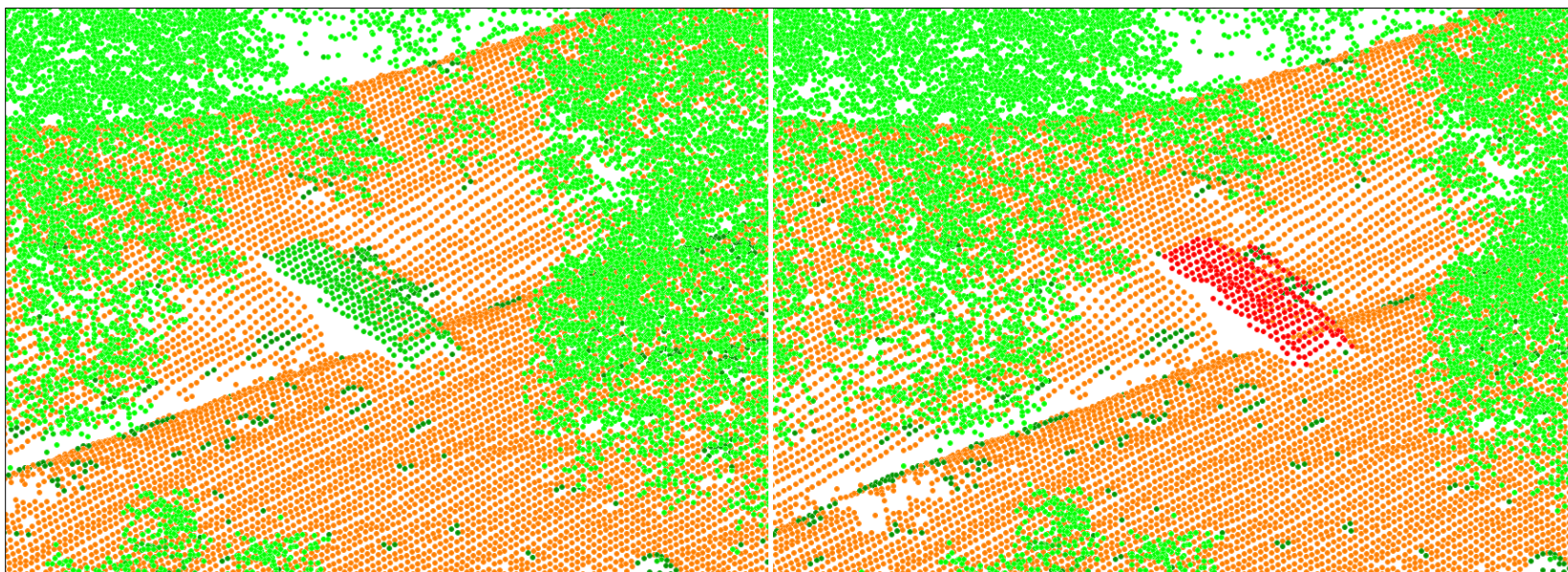


Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (15)

Błędy automatycznej klasyfikacji (3)

- mosty pozostawione w klasie grunt lub roślinność

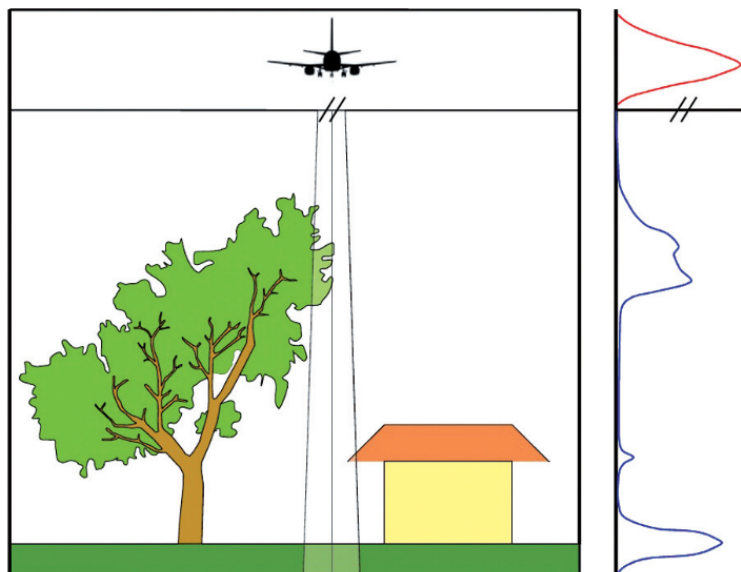


Źródło: ProGea Consulting

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (16)

Wykorzystanie skanerów typu *full-waveform* (1)

Rejestracja pełnych profili odbitej energii lasera



Emitowany impuls

Odbicie od korony drzewa

Odbicie od dachu budynku

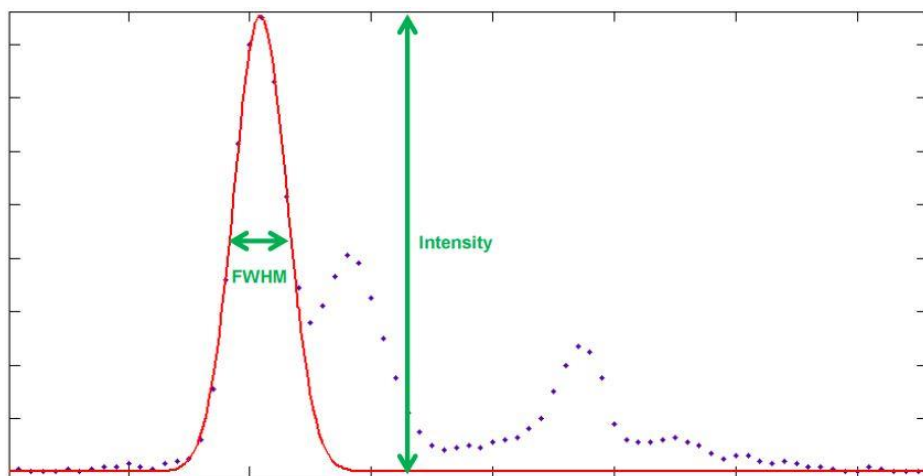
Odbicie od terenu

Źródło: Słota, 2014

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (17)

Wykorzystanie skanerów typu *full-waveform* (2)

Atrybuty wyznaczone na podstawie danych *full-waveform*



Źródło: Słota 2014

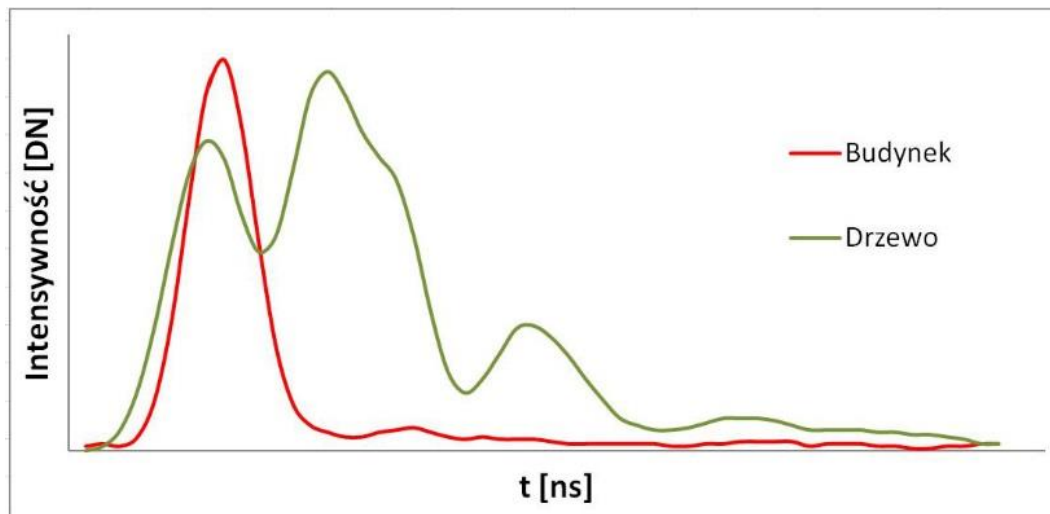
Intensity – intensywność odbicia sygnału

FWHM - *Full Width Half Maximum*,
szerokość odbicia

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (18)

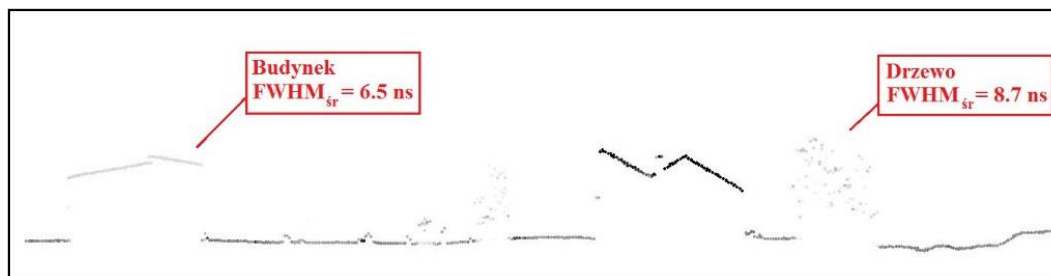
Przykłady wykorzystania atrybutu FWHM (1)

Profil rozchodzenia się sygnału odbitego typu *full-waveform* od budynku i drzewa



Źródło: Słota, 2014

Profil poprzeczny przez chmurę punktów ALS

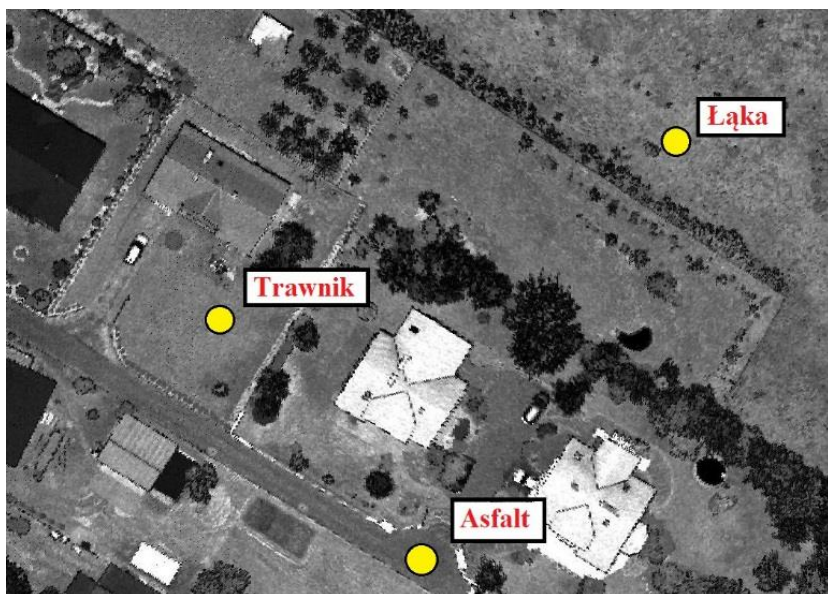


Źródło: Słota, 2014

Klasyfikacja chmury punktów LiDAR (19)

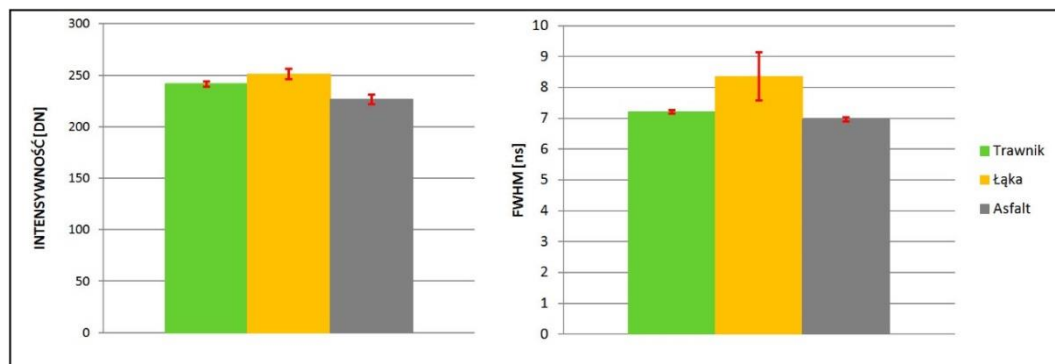
Przykłady wykorzystania atrybutu FWHM (2)

Obszary testowe



Źródło: Słota, 2014

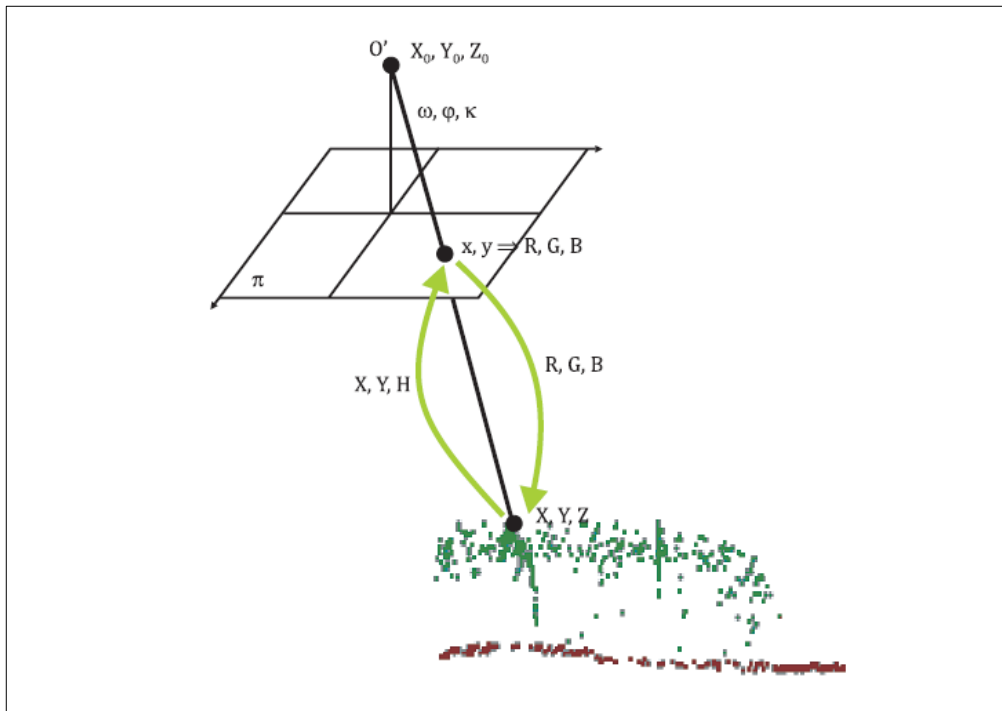
Średnie wartości intensywności i szerokości odbicia dla obszarów testowych



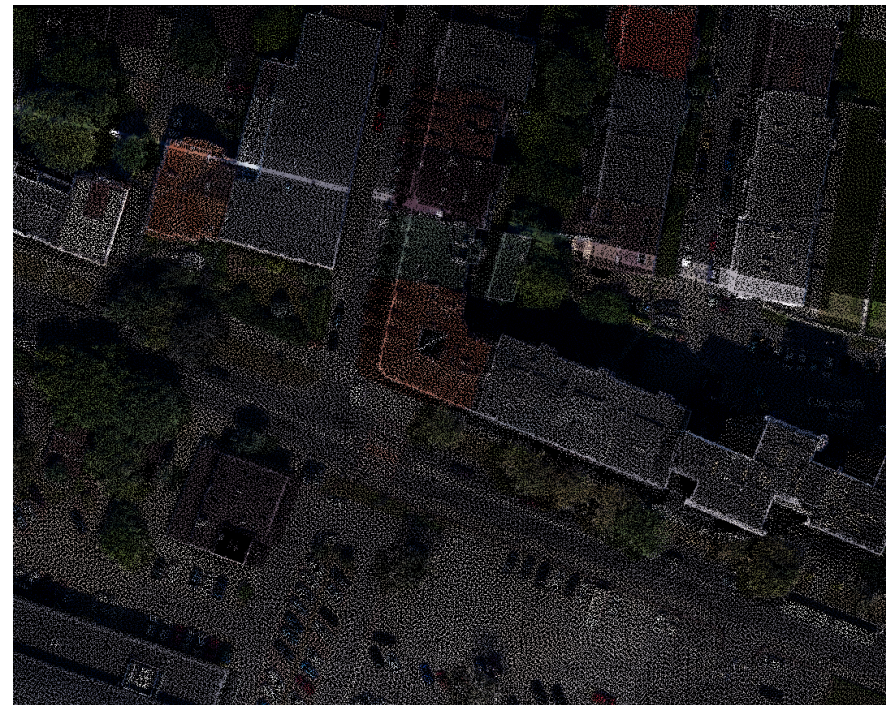
Źródło: Słota, 2014

Nadanie atrybutów RGB (1)

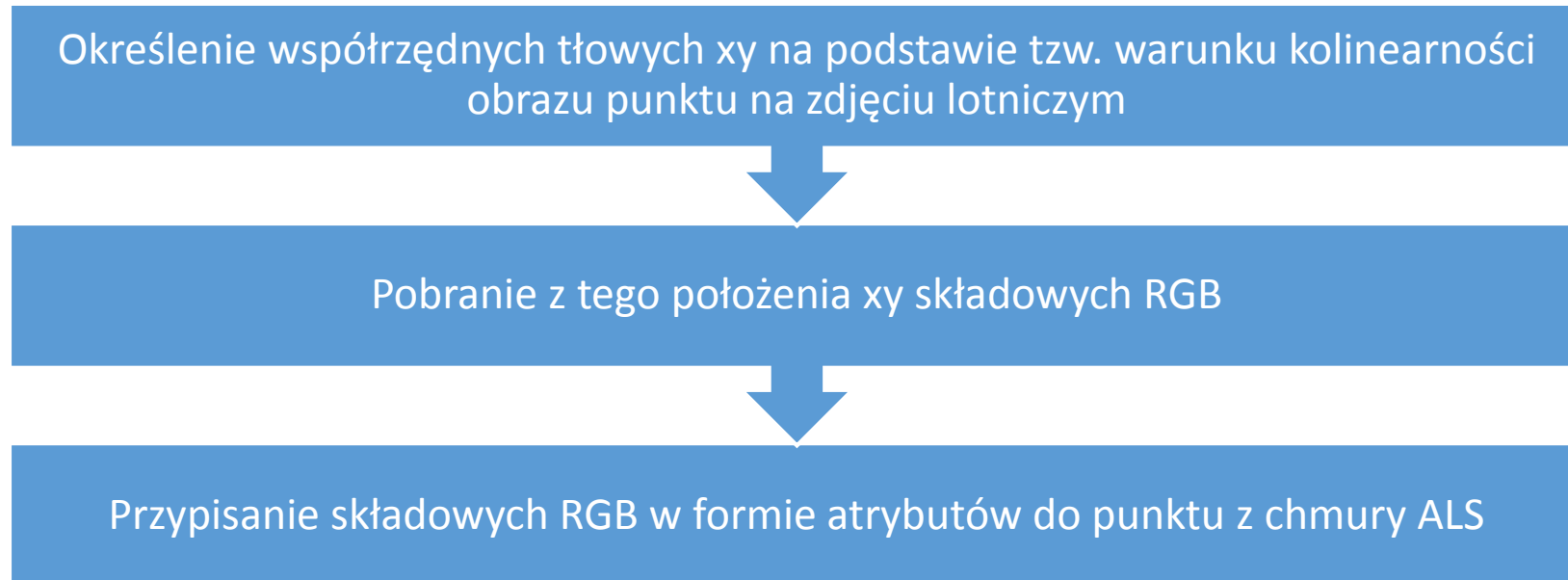
Schemat „kolorowania” chmury punktów ALS na podstawie rejestracji fotograficznej



Źródło: Kurczyński 2014



Źródło: GUGiK



	R	G	B
565461.760 244540.210 202.650 35 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	24576	27904	23040
565461.750 244539.720 202.650 36 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	17152	18176	19712
565461.740 244539.190 202.590 22 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	13312	14848	18432
565461.720 244538.720 202.560 19 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	16896	16896	20736
565461.710 244538.250 202.610 18 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	26112	25856	29952
565461.690 244537.750 202.590 21 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	16896	17664	22272
565461.680 244537.210 202.590 30 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	12288	14336	16896
565461.670 244536.760 202.620 36 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	16128	17408	19712
565461.650 244536.250 202.680 46 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	14336	16640	18432
565461.640 244535.780 202.630 47 1 1 1 0 2 25 0 18 25678547.6182	13824	16128	15872

Ocena ALS jako źródła danych wysokościowych (1) Dokładność (1)

Dokładność określenia położenia sytuacyjnego i wysokościowego punktów ALS zależy od:

dokładności dalmierza laserowego - błąd pomiaru 0,02 – 0,03 m

dokładności inercyjnego systemu laserowego INS (orientacja kątowa kierunku impulsu) – błąd pomiaru zależny od wysokości lotu

dokładności systemu GNSS
błąd pomiaru 0,05 – 0,07 m

Ocena ALS jako źródła danych wysokościowych (2)

Dokładność (2)

Po zsumowaniu błędów pomiaru i wyeliminowaniu błędów systematycznych aparatury :

dokładność wysokościowa (H): 0,10 – 0,15 m

dokładność sytuacyjna (X,Y): 0,40 – 0,50 m

Ocena ALS jako źródła danych wysokościowych (3)

Zalety skanowania laserowego

Zalety technologii ALS:

pomiar niezależny od warunków świetlnych

wysoka dokładność pomiarów wysokościowych

rejestracja wielu odbić

bezpośrednie pozyskiwanie danych przestrzennych

duża podatność na automatyzację procesów opracowania

krótki czas opracowania danych

możliwość tworzenia wielu opracowań pochodnych
(m.in.: NMT, NMPT, modele miast 3D i inne)

Ocena ALS jako źródła danych wysokościowych (4)

Wady skanowania laserowego

Ograniczenia skanowania laserowego:

brak obrazu tonalnego

brak odbić od powierzchni wody

dokładność sytuacyjna (XY) gorsza od wysokościowej (Z)

duża objętość danych (GB, TB...)

wysoki koszt pozyskania i opracowania danych

wpływ warunków atmosferycznych na skanowanie ALS

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (1) Format LAS (1)

LAS (LASer File Format)

publiczny format wymiany danych przestrzennych

umożliwia przechowywanie zbioru dowolnych danych
przestrzennych

opracowany w 2003 roku przez ASPRS (American Society for
Photogrammetry and Remote Sensing)

aktualna wersja: LAS 1.4

główna składowa: format zapisu danych dotyczących chmury
punktów

różne wersje w zależności od rodzaju przechowywanych
informacji (np. Format 0, 1, 2, ... 10)



Źródło: www.asprs.org

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (2)

Format LAS (2)

Item	Point Data Record Format						
	0	1	2	3	4	5	6-10
X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Y	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Z	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Intensity	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Return Number	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Number of Returns (given pulse)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Scan Direction Flag	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Edge of Flight Line	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Classification	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Scan Angle Rank	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
User Data	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Point Source ID	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
R			✓	✓		✓	
G			✓	✓		✓	
B			✓	✓		✓	
GPS Time		✓		✓	✓	✓	✓
'Waveform Packet Information'					✓	✓	
Classification Flag							✓
Scanner Channel							✓
Scan Angle							✓

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (3) Format ASCII

ASCII

ang. *American Standard Code for Information Interchange*

7 – bitowy kod przyporządkowujący literom, cyfrom, znakom przystankowym oraz innym symbolom i poleceniom sterującym liczby z zakresu 0 – 127

większy rozmiar pliku od zapisu binarnego

możliwa konwersja przy wczytywaniu plików do oprogramowania

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (4) Format LAZ

LAZ (Rapidlasso GmbH)

bezstratna kompresja danych LAS (w wersjach 1.0 do 1.3)
oraz danych tekstowych

zmniejszenie rozmiaru pliku do około 7-25 % oryginalnego
rozmiaru

bezpośrednie analizy na plikach LAZ bez konieczności
rozpakowywania (m.in. LAStools, FUSION)

brak modyfikacji nagłówka LAS przez kompresor LASzip

kompresory: POINT10, GPSTIME10, RGB12,
WAVEPACKET13, BYTE.

praca w trybie okienkowym lub w linii komend
(oprogramowanie Rapidlasso)

optymalizacja przetwarzania dużych zbiorów danych



Źródło: www.rapidlasso.com

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (5) Format SHP (1)

SHP (Esri)

standardowy format danych wektorowych

umożliwia przechowywanie i przetwarzanie danych LiDAR

podstawowe informacje o współrzędnych X, Y, Z

wartość wysokości Z przechowywana równoległe w tabeli atrybutów wraz z pozostałymi atrybutami dotyczącymi chmury punktów



Źródło: www.esri.com

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (6) Format SHAPEFILE (2)

Table

daneLiDAR_SHP.shp

FID	Shape	X	Y	Z	INTEN	CLS	PSID	RETNUM	NUMRETS	SCNANGLE	POINTNUM	TIMESTAMP	RED	GREEN	BLUE
0	Point ZM	620115,52	172313,41	806,44	23	2	62	4	4	12	0	34606968,187448	1945	2099	1766
1	Point ZM	620116,95	172331,96	799,76	15	4	62	3	4	14	1	34606968,081928	1920	1920	1868
2	Point ZM	620116,74	172332,37	797,98	9	2	62	4	4	14	2	34606968,081928	1920	1945	1817
3	Point ZM	620116,89	172331,76	798,82	10	4	62	0	6	14	3	34606968,081932	1920	1920	1868
4	Point ZM	620117,65	172328,18	800,21	10	2	62	0	6	13	4	34606968,081988	1996	2022	1996
5	Point ZM	620118,21	172322,58	801,83	27	3	62	3	3	13	5	34606968,082019	2918	2688	2585
6	Point ZM	620118,64	172319,58	802,7	23	3	62	4	4	13	6	34606968,082048	2073	2073	1945
7	Point ZM	620119,01	172317,32	803,94	13	3	62	3	3	13	7	34606968,082068	1817	1945	1766
8	Point ZM	620119,08	172318,88	804,15	38	2	62	5	5	13	8	34606968,082073	1894	1996	1766
9	Point ZM	620119,15	172316,41	804,41	41	2	62	4	4	13	9	34606968,082077	2073	2099	1945
10	Point ZM	620119,52	172314,17	805,67	79	2	62	3	3	12	10	34606968,082097	1920	2048	1894
11	Point ZM	620119,61	172313,7	805,96	12	3	62	3	3	12	11	34606968,082102	2022	2176	1996
12	Point ZM	620116,86	172331,88	804,4	30	5	62	2	2	14	12	34606968,093622	1920	1945	1817
13	Point ZM	620116,91	172331,46	804,42	25	5	62	4	4	14	13	34606968,093627	1996	1971	1920
14	Point ZM	620116,97	172331,03	804,59	40	5	62	1	3	14	14	34606968,093631	2201	2150	2176
15	Point ZM	620116,82	172331,34	803,25	32	5	62	2	3	14	15	34606968,093631	1971	1945	1894
16	Point ZM	620116,2	172332,55	798,04	30	2	62	3	3	14	16	34606968,093631	1971	1996	1868

(0 out of 2650001 Selected)

daneLiDAR_SHP.shp

Źródło: ProGea Consulting

Standardy i formaty wymiany danych LiDAR (7) Rozmiary pliku ALS

Wielkości przykładowego pliku LAS w różnych formatach zapisu danych
(Warchoń 2014)

Arkusz ALS	Format zapisu danych				
23.834.505 pkt	LAS	LAZ	FBI	BIN	ASCII
Wielkość pliku [MB]	772	140	704	636	1751
Procent [%]	100,0	18,1	91,2	82,4	226,8

Kraus K., 2007. *Photogrammetry. Geometry and Laser Scans (Second Edition)*, Walter de Gruyter, Berlin, New York.

Kraus K., Rieger W., 1999. *Processing of laser scanning data for wooded areas*, Photogrammetric Week '99, Heidelberg, Wichmann.

Kurczyński Z., 2014. *Fotogrametria*, PWN, Warszawa.

Maślanka M., 2011. *Ocena dokładności numerycznego modelu terenu utworzonego z danych pochodzących z lotniczego skanowania laserowego*.

Pfeifer N., 2008. *Strip Adjustment and DSM Computation*, International School on LiDAR Technology 2008 IIT Kanpur, India.

Renslow M. S., 2014. *Manual of Airborne Topographic LiDAR*.

Shan J., Toth C.K. (Ed.), 2008. *Topographic laser ranging and scanning*. CRC Press, Londyn

Sithole G., Vosselman G., 2003, ISPRS comparison of filters.

Słota M., 2008, *Decomposition Techniques for full-waveform Airborne Laser Scanning Data. Geomatics and Environmental Engineering*, Vol.8/1, 61–74.

Toth Ch. K., 2011, *LiDAR Waveform in Mobile Mapping*, Tutorial at 7th International Symposium on Mobile Mapping Technology, Kraków, Poland.

Vosselman G., Mass H-G., 2010, *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*, Whittles Publishing, UK.

Whitman D., Zhang K., 2005, *Comparison of Three Algorithms for Filtering Airborne LiDAR Data*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 313–324.

Wężyk P. (Ed.), 2014. Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR. Warszawa

Strony internetowe

www.asprs.org

szkolenialidar.gugik.gov.pl

Dziękujemy za uwagę!

Zapraszamy na stronę internetową
www.szkolenialidar.gugik.gov.pl

Projekt "Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami-ISOK", realizowany przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii w konsorcjum z Krajowym Zarządem Gospodarki Wodnej jako liderem, Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej- Państwowym Instytutem Badawczym, Instytutem Łączności- Państwowym Instytutem Badawczym oraz Rządowym Centrum Bezpieczeństwa jest finansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach 7. osi priorytetowej "Społeczeństwo informacyjne- budowa elektronicznej administracji" Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.