

WIZUALIZACJA I PRZETWARZANIE CHMURY PUNKTÓW LOTNICZEGO SKANINGU LASEROWEGO

VISUALIZATION AND PROCESSING OF AIRBORNE LASER SCANNING POINTS CLOUD

Mariusz Twardowski, Urszula Marmol

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: lotniczy skaning laserowy, wizualizacja, przetwarzanie danych

STRESZCZENIE: Lotniczy skaning laserowy stwarza szerokie pole dla badań naukowych i prac badawczych nad rozwojem nowych algorytmów i metod analizy danych przestrzennych. Niestety większość istniejących oprogramowań do przetwarzania danych laserowych nie pozwala na modyfikację istniejących procedur, niekiedy wręcz działając na zasadzie „czarnej skrzynki”. Wejściowe dane laserowe ulegają bliżej nie określonym operacjom, przynosząc trudne do zweryfikowania wyniki, co zdecydowanie ogranicza wolność naukową w pracach badawczych. Dlatego w Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska AGH narodziła się idea stworzenia własnego narzędzia, opartego na licencji OpenSource, które nie będzie obciążone żadnymi ograniczeniami. Były to główne przesłanki do powstania projektu LIDARView. Założeniem projektu jest otwarty dostęp do kodu źródłowego obiektów, co pozwoli na udoskonalanie zastosowanych algorytmów. Modułarna budowa systemu umożliwi nieograniczone rozwijanie jego potencjału poprzez aktualizację i dodawanie nowych elementów do systemu.

Projekt LIDARView jest obecnie w początkowej fazie rozwoju. Oprogramowanie umożliwia podstawowe operacje na chmurze punktów, takie jak: powiększanie, obracanie i przesuwanie danych laserowych. Zakładka Image pozwala na integrację danych laserowych z danymi obrazowymi. Umożliwia także wykorzystanie obserwacji stereoskopowej w procesie przetwarzania danych lidarowych poprzez możliwość edycji linii nieciągłości i form morfologicznych. W zakładce Cloud zostały zaimplementowane algorytmy do klasyfikacji i filtracji chmury punktów. Na obecnym etapie rozwoju zostały zaprogramowane proste filtry usunięcia błędów grubych i rozrzedzenia chmury punktów. Została także wprowadzona procedura automatycznej klasyfikacji chmury danych laserowych na punkty terenowe i punkty pokrycia. Filtracja odbywa się z wykorzystaniem algorytmu częstotliwościowego (Marmol, 2010).

Autorzy projektu mają nadzieję, że dzięki otwartej strukturze systemu, projekt LIDARView nie ulegnie stagnacji i będzie rozwijany także w innych ośrodkach badawczych.

1. WPROWADZENIE

Stosunkowo nowa technologia, jaką jest lotniczy skaning laserowy, generuje zrozumiałe zainteresowanie oraz chęć zbadania możliwości wykorzystania tej informacji do własnych badań. Niestety brak całkowicie otwartego na dowolne modyfikacje projektu

służącego wizualizacji i przetwarzaniu danych pochodzących ze skanera laserowego ogranicza częściowo wolność dopasowania oprogramowania do własnych potrzeb. Dlatego w Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska narodziła się idea stworzenia własnego narzędzia, które nie będzie obciążone ograniczeniami licencji innej, niż te ogólnie zaliczane do kategorii OpenSource, czyli GPL, LGPL, BSD czy też MIT. Biorąc pod uwagę bardzo ograniczone zasoby, ważne też było wykorzystanie istniejących bibliotek i projektów które nie narzucają restrykcji.

Były to główne przesłanki do powstania projektu LIDARView. Koncepcja projektu oparta jest na oprogramowaniu OpenSource, co eliminuje ryzyko stagnacji systemu ze względu na czynniki marketingowe, polityczne czy ekonomiczne. Udostępnienie kodu źródłowego obiektów pozwoli na wprowadzanie modyfikacji i udoskonalanie zastosowanych algorytmów. Modułarna budowa systemu umożliwi nieograniczone rozwijanie jego możliwości poprzez aktualizację i dodawanie nowych elementów do systemu.

2. PRZEGLĄD OPROGRAMOWANIA DO PRZETWARZANIA DANYCH LOTNICZEGO SKANINGU LASEROWEGO

Rozwój technologii skaningu lotniczego oraz coraz szersze możliwości jego zastosowania w wielu dziedzinach gospodarki spowodowały gwałtowny postęp w dziedzinie oprogramowania do przetwarzania i analizy danych laserowych. Ostatnie lata to czas pojawienia się na rynku wielu programów, zarówno darmowych jak i komercyjnych. Oprogramowania te są na różnym poziomie zaawansowania, niektóre to proste przeglądarki do wizualizacji danych laserowych, inne to rozbudowane aplikacje umożliwiające zaawansowane analizy danych laserowych. Niniejszy rozdział stanowi krótkie kompendium dostępnego oprogramowania wraz z ogólną charakterystyką możliwości poszczególnych aplikacji.

2.1. Oprogramowanie komercyjne

- **QT Modeler / Quick Terrain Modeler**

Quick Terrain Modeler został opracowany na Uniwersytecie Hopkinsa w Laboratorium Fizyki Stosowanej (<http://www.appliedimagery.com>). Jest wydajnym i szybkim narzędziem do wizualizacji 3D, będącym w stanie obsługiwać dowolnego typu dane 3D generowane przez LIDAR, SAR, sonar lub inne sensory geoprzestrzenne.

Praca w QT Modeler pozwala na edycję i wizualizację danych laserowych oraz ich integrację z danymi obrazowymi. Oprogramowanie umożliwia generowanie NMT i przeprowadzanie analiz geoprzestrzennych, takich jak symulacja powodzi, analiza widoczności, wykrywanie zmian, obliczanie nachylenia i wiele innych narzędzi.

- **LIDAR BOX**

LIDAR BOX jest oprogramowaniem zaproponowanym przez firmę INPHO (<http://www.inpho.de>). Składa się z pakietu modułów: DTMaster, SCOP++ Kernel i SCOP++ LIDAR. SCOP++ Kernel jest podstawowym narzędziem do interpolacji NMT. Umożliwia wizualizację danych za pomocą modeli cieniowanych i warstwicznych, pozwala na generowanie profili oraz integrację danych rastrowych i wektorowych. SCOP++ LIDAR pozwala w szybki i w pełni zautomatyzowany sposób klasyfikować chmurę danych

laserowych na punkty terenowe i punkty pokrycia. Filtracja odbywa się z wykorzystaniem algorytmu hierarchicznej odpornej interpolacji (*ang. hierarchical robust interpolation*) (Pfeifer *et al.*, 2001). DTMaster umożliwia wykorzystanie metod fotogrametrycznych w procesie przetwarzania danych lidarowych poprzez obserwację stereoskopową oraz możliwość edycji linii nieciągłości i form morfologicznych.

- **MARS**

MARS został opracowany przez firmę Merrick & Company z USA (<http://www.merrick.com/>). Dostępne są 3 wersje oprogramowania: Mars Viewer (bezpłatne), Mars Explorer i Mars Explorer Pro (płatne). Pełna wersja oprogramowania umożliwia wizualizację 2D i 3D danych, filtrację i klasyfikację punktów, wykreślanie profili oraz integrację danych obrazowych i laserowych.

- **TLiD**

TLiD to oprogramowanie firmy Tiltan (<http://www.tiltan-se.co.il>). Pozwala na automatyczne generowanie NMT i NMPT. Posiada także algorytmy do automatycznej ekstrakcji obiektów, takich jak: budynki, drzewa i linie wysokiego napięcia.

- **Fledermaus**

Fledermaus został opracowany przez firmę Interactive Visualization Systems z Kanady (<http://www.ivs3d.com>). Jest oprogramowaniem do wizualizacji i analizy 3D danych topograficznych i batymetrycznych. Program umożliwia generowanie wysokorozdzielczych modeli powierzchni terenu i modeli batymetrycznych oraz ich integrację z danymi innego typu: obrazami, danymi punktowymi i liniowymi, mapami morskim (Electronic Nautical Charts), modelami 3D, plikami ESRI shapefile, AutoCAD DXF czy DWG. Fledermaus pozwala na generowanie profili, przeliczanie nachyleń i szorstkości terenu.

- **LIDAR Analyst**

LIDAR Analyst został opracowany przez Visual Learning Systems Inc. (<http://www.vls-inc.com>). Program umożliwia wyodrębnienie powierzchni topograficznej z chmury punktów laserowych. Posiada algorytmy do automatycznej ekstrakcji obiektów (budynki, drzewa). Oprogramowanie jest kompatybilne z ArcGIS® i ERDAS IMAGINE®.

- **VG4D SmartLiDAR**

VG4D SmartLiDAR to rozwiązanie firmy Virtual Geomatics Inc. (<http://www.virtualgeomatics.com>). Oprogramowanie dostarcza narzędzi do kompletnego procesu przetwarzania danych laserowych, umożliwia automatyczną klasyfikację, ekstrakcję cech i automatyczną wektoryzację. VG4D posiada również moduł do kalibracji sensorów i danych laserowych.

- **TerraSolid**

Terrasolid został opracowany przez firmę TerraSolid z Finlandii (<http://www.terrasolid.fi/>). Jest najbardziej kompletnym, zaawansowanym oprogramowaniem dla przetwarzania i analizy danych LIDAR. Pełny pakiet składa się z 4 głównych modułów: TerraModeler, TerraScan, TerraPhoto i TerraMatch. Terrasolid pracuje pod

MicroStation, w związku z tym większość narzędzi CAD, takich jak wizualizacja i wektoryzacja, może zostać wykorzystana do przetwarzania danych LIDAR. Aplikacja wczytuje dane z plików ASCII oraz plików binarnych.

Oto wybrane operacje przetwarzania danych laserowych:

- wizualizacja 2D i 3D chmury punktów,
- klasyfikacja automatyczna chmury punktów na klasy, takie jak: powierzchnia terenu, niska, średnia, wysoka vegetacja, budynki, itp.,
- interaktywne modelowanie obiektów 3D, takich jak budynki i słupy wysokiego napięcia,
- wektoryzacja obiektów poprzez przyciąganie do chmury punktów.

2.2. Oprogramowanie darmowe

Dużą grupę programów stanowi oprogramowanie darmowe, rozwijane przez szereg instytucji naukowych jak i firm komercyjnych. W większości przypadków programy te służą jako przeglądarki chmur punktów, pozwalające na wizualizację danych i proste operacje skalowania, przesuwania i obracania danych. Są jednak także aplikacje pozwalające na bardziej złożone operacje. Do prostych przeglądarek można zaliczyć:

- **LViz**

<http://lidar.asu.edu/LViz.html>

Oprogramowanie darmowe przeznaczone do wizualizacji 3D danych LIDAR. Pozwala na import chmury punktów (plik tekstowy) lub import powierzchni interpolowanych (formaty ASCII lub ASCII GRID). LViz posiada także funkcję mapowania tekstury.

Powstają także oprogramowania, które pozwalają na bardziej złożone analizy danych laserowych. Warto tutaj wymienić:

- **Fusion**

<http://www.fs.fed.us/eng/rsac/fusion/>

System wizualizacji składa się z dwóch głównych programów: FUSION i LDV, napisanych w języku C++. FUSION wyświetla dane w 2D, natomiast LDV umożliwia wizualizację 3D. FUSION jest pakietem oprogramowań do konwersji, wizualizacji i analizy danych laserowych. Umożliwia generowanie modeli 3D powierzchni terenu, a także modeli koron drzew. Pozwala na integrację danych laserowych z danymi obrazowymi (ortofotomapy, zdjęcia satelitarne, mapy topograficzne). W oprogramowaniu istnieje możliwość określania szeregu wskaźników roślinności na podstawie surowych danych laserowych.

- **LASTools**

Zbiór narzędzi uruchamianych z linii poleceń powłoki, przyjmujących jako parametry wykonywania m.in. pliki w formacie LAS oraz skompresowanym LAZ. Narzędzia oparte są na bibliotece LASlib, która implementuje te formaty danych i jest udostępniana w oparciu o licencję LGPL (Isenburg, 2011). Niestety, same narzędzia do przetwarzania wymagają już licencji bardziej restrykcyjnej i nie jest dla nich dostępny kod źródłowy. Ich binaria są natomiast dostępne do pobrania dla użytku prywatnego i stanowią cenne źródło jako aplikacje kontrolne. W skład programów pakietu LASTools wchodzi m.in.:

lasinfo – wyświetla informacje o zawartości pliku LAS,

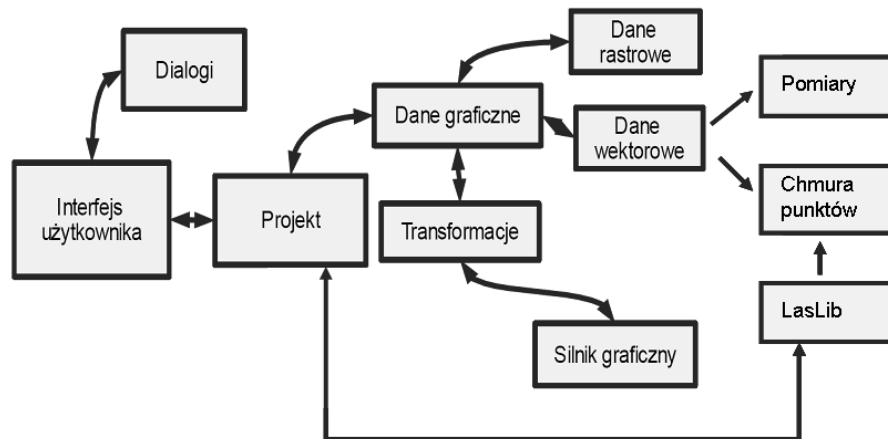
las2shp – konwertuje pliki LAS do formatu SHP (shp2las działa odwrotnie),
lasmerge – łączy pliki LAS ze sobą,
las2las – pozwala na filtrowanie, transformacje lub subsampling,
lasthin – implementuje generalizację punktów,
lasground – pozwala na ekstrakcję punktów terenowych,
lasclassify – klasyfikuje budynki i wegetację wysoką,
lasgrid – generuje siatkę regularną w formacie rastra,
lastile – dzieli duży plik z chmurą na mniejsze podzbiory,
lasheight – oblicza wysokość punktów ponad terenem,
las2tin – przeprowadza triangulację,
las2dem – rasteryzuje DEM,
las2iso – generuje warstwicę dla punktów,
lasboundary – oblicza poligon zawierający chmurę.

Oprócz narzędzi przeznaczonych typowo do przetwarzania danych LAS w pakiecie znajduje się również przeglądarka, oparta na otwartej i powszechnie znanej bibliotece wizualizacyjnej GLUT. Wymusza ona jednak działanie na podstawie parametrów pobieranych z linii poleceń, ponieważ ma ona bardzo ograniczone możliwości tworzenia interfejsu użytkownika. Niejako żeby skorygować tę wadę autor udostępnia również narzędzie „lastool”, które spełnia funkcję frontendu i stara się powiązać aplikacje konsolowe ze sobą. Jest to uzasadnione niechęcią większości użytkowników do używania linii poleceń, chociaż korzystanie z niej jest w wielu przypadkach (np. skryptach) o wiele wydajniejsze.

3. PROJEKT LIDARVIEW

Ze względów wspomnianych już wcześniej rozważono budowę autorskiego systemu, który byłby w pełni dostępny do modyfikacji i co najważniejsze nie był ograniczony różnego rodzaju licencjami. Po rozważeniu dostępnych opcji zdecydowano się na wykorzystanie istniejącego projektu przeglądarki stereoskopowej obrazów VGLFL2 (Twardowski, 2007), która spełnia główne założenia licencyjne. Program ten posiada zaimplementowaną już wcześniej wizualizację rastrów zapisanych w formacie TIFF, pozwalając na wyświetlanie obrazu pojedynczego, stereoskopii zwierciadlanej, stereoskopii migawkowej lub anaglif. Wymagane będzie natomiast zaadoptowanie silnika graficznego do wyświetlania również chmury punktów, które mają odmienną charakterystykę geometrii niż raster. Pozostanie oczywiście też kwestia odczytywania danych zapisanych w postaci plików innych niż TIFF. Dodatkowo badana będzie możliwość jednoczesnego wyświetlania rastra oraz chmury punktów, co będzie przydatne np. w przypadku chmury pochodzącej ze skaningu lotniczego.

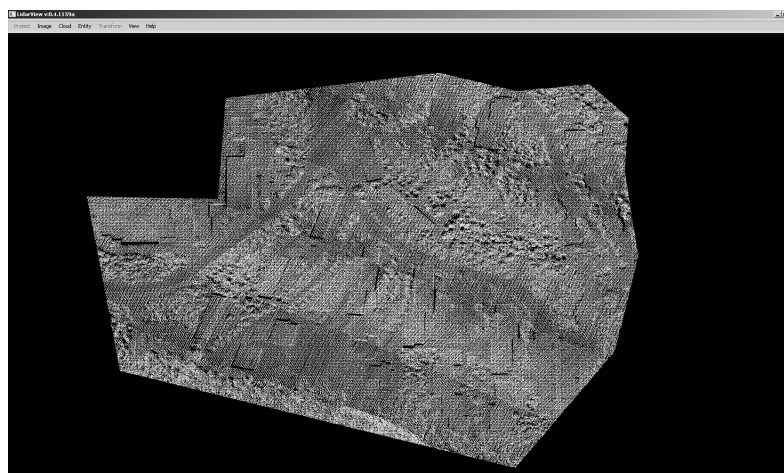
Architektura planowanej aplikacji opierać się będzie na obiektowym języku C++, pozwalającym zarówno hierarchicznie jak i modularnie zaprojektować efektywny system wizualizacji z potencjałem do rozbudowy o różnorodne filtry. Składać się będzie, tak jak większość programów, z interfejsu do zarządzania funkcjami dostępnymi dla użytkownika, a także z silnika graficznego, pozwalającego na wyświetlanie treści przy pomocy akceleracji zawartej w sterownikach dzisiejszych kart graficznych. Dodatkowo zawarte zostaną moduły zarządzające pozostałymi elementami aplikacji, takimi jak transformacje i filtry (Rys. 1).



Rys. 1. Architektura systemu LIDARView

Do implementacji interfejsu użytkownika zdecydowano się na wykorzystanie biblioteki FLTK2, która zawiera podstawowe elementy niezbędne do stworzenia pełnowartościowej aplikacji okienkowej, przy jednoczesnym małym rozmiarze oraz stosunkowo łatwej i szybkiej możliwości tworzenia interfejsu za pomocą dedykowanej aplikacji Fluid.

FLTK2 to mała i bardzo elastyczna biblioteka działająca bez problemu na popularnych dzisiaj systemach operacyjnych zarówno Linux jak i Windows (Spiszak, 2011). Dzięki niej można w prosty i szybki sposób zaprojektować i skompilować menu graficzne do obsługi programu. Oprócz tego pozwala na zagnieżdżenie akcelerowanego kontekstu graficznego bezpośrednio w oknie aplikacji. Stosowanie tej biblioteki pozwala na tworzenie uniwersalnej platformy do budowy reszty programu (Rys. 2).



Rys. 2. Okno główne programu z przykładową chmurą punktów

Silnik graficzny programu będzie opierał się na najbardziej popularnej bibliotece do zastosowań profesjonalnych, czyli OpenGL. Tak jak biblioteka interfejsu, OpenGL posiada wspomaganie na wszystkie platformy systemowe i jest szeroko stosowanym standardem pozwalającym na wierne odwzorowanie treści na ekranie komputera (Alkaley i Segal, 2006). Możliwości OpenGL pozwalają na wprowadzenie do programu obsługi dzielenia kontekstu graficznego w zależności od wymaganego trybu. Opierając się na istniejącym projekcie do dyspozycji mamy tryb pojedynczego obrazu, podwójnie dzielonego ekranu dla stereoskopu zwierciadlanego oraz tryb stereo wykorzystywanego przez kartę graficzną oferującą poczwórne buforowanie i okulary migawkowe lub polaryzacyjne.

Warto przy okazji wspomnieć, że dzięki telewizji w ostatnim czasie bardzo spopularyzował się rozprowadzany pod marketingową nazwą Cinema 3D system stereoskopowy wykorzystujący polaryzację, który jest o wiele wygodniejszy od systemu migawkowego i nie wymaga wysokiego odświeżania monitora oraz korzysta z okularów pasywnych. Spadły przez to również, poprzednio praktycznie zaporowe, ceny za ten system i np. monitor z okularami LG D2342 można już kupić nawet taniej niż rozwiązanie migawkowe np. 3D Vision.

Poza komunikacją z użytkownikiem i wyświetlaniem treści istotna jest również odpowiednia obsługa formatów danych. Projekt wyjściowy pozwala już na obsługę obrazów w postaci plików rastrowych zapisanych w formacie zgodnym ze specyfikacją TIFF 6.0 o dowolnej głębi kolorów oraz dostępnych formatów kompresji. Zostało to osiągnięte poprzez wykorzystanie otwartej biblioteki libtiff, która w połączeniu z biblioteką geotiff udostępnia API do wygodnego operowania obrazami. Pozostawienie istniejącej obsługi formatów plików nie wprowadza żadnych problemów, ale wymagane jest jednocześnie dodanie obsługi chociaż jednego formatu stosowanego powszechnie przy zapisie danych pochodzących ze skanowania wiązką lasera.

W początkowym okresie posłużono się najbardziej oczywistym formatem, czyli zwykłym plikiem tekstowym z zapisanymi współrzędnymi i ewentualnymi parametrami dodatkowymi. Szybko okazało się jednak, że ten sposób przechowywania danych jest bardzo mało wydajny i wymaga każdorazowego parsowania pliku w celu odczytania danych i określenia pewnych ich parametrów. Początkowo rozważane było zastosowanie pliku pomocniczego z zapisanymi tymi parametrami, lub konwersja na nowo opracowany format binarny, który oprócz danych zawierał by te parametry w nagłówku. Okazało się jednak, że byłoby to niepotrzebne odtwarzanie istniejącej już metody, dlatego zdecydowano się na zastosowanie formatu LAS, który powszechnie stosowany jest przez różne programy, również komercyjne. Wybór formatu został podyktowany głównie faktem istnienia aż dwóch implementacji biblioteki do obsługi tego formatu – jedną z nich jest LASlib (Isenburg, 2011), drugą natomiast jest implementacja libLas (libLAS, 2011), które chociaż podobnie nazwane, dość istotnie różnią się od siebie. Wstępna ocena bibliotek wskazuje na to, że libLAS będący częścią O SGeo4W jest bardziej zaawansowanym projektem, jednak jego dodatkowe zależności od innych dużych bibliotek, takich jak Boost czy GDAL, powoduje trudności w zarządzaniu projektem w początkowej fazie. Dlatego na początek zdecydowano się na skorzystanie z biblioteki LASlib, nie wymagającej specjalnych zależności i implementującej obsługę plików LAS oraz skompresowanych LAZ w sposób zadowalający. Możliwym jest, że zostanie to ponownie zrewaluowane w późniejszej fazie projektu.

4. ZAIMPLEMENTOWANE ALGORYTMY

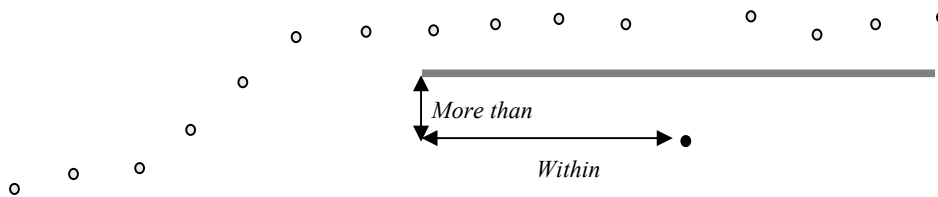
Projekt LIDARView jest obecnie w początkowej fazie rozwoju.

Praca w LIDARView rozpoczyna się od importu zbioru danych LIDAR, który może być w formacie plików ASCII XYZ lub w standardowym formacie binarnym LAS. Graficzny interfejs użytkownika umożliwia podstawowe operacje na chmurze punktów, takie jak: powiększanie, obracanie i przesuwanie danych laserowych.

Zakładka Image pozwala na integrację danych laserowych z danymi obrazowymi. Umożliwia także wykorzystanie obserwacji stereoskopowej w procesie przetwarzania danych lidarowych poprzez możliwość edycji linii nieciągłości i form morfologicznych. W zakładce Cloud zostały zaimplementowane algorytmy do klasyfikacji i filtracji chmury punktów. Na obecnym etapie rozwoju zostały zaprogramowane proste filtry usunięcia błędów grubych i rozrzedzenia chmury punktów.

- **Usunięcie błędów grubych**

W algorytmie tym wykorzystano procedurę z pakietu TerraSolid. Polega ona na wpasowaniu płaszczyzny w ustalone otoczenie punktów. Punkt, który odbiega o określoną empirycznie wartość od wygenerowanej płaszczyzny jest usuwany jako błąd gruby (Rys. 3).



Rys. 3. Schemat działania algorytmu eliminacji błędów grubych (Źródło: Soinen, 2011)

- **Rozrzedzenie chmury punktów**

Dane laserowe to zbiory punktów o wielkiej liczbie. Praca na tak dużych plikach jest zadaniem uciążliwym, a wielokrotnie wręcz niemożliwym. Często stosowaną procedurą jest rozrzedzenie chmury punktów. W projekcie LIDARView możliwe są dwa podejścia do zmniejszenia liczby danych. Pierwsze podejście to algorytm bez parametrów statystycznych, gdy usuwane są punkty o ustalony skok (np. co 10 punkt) lub o ustaloną odległość (np. co 1 m). Drugie podejście jest oparte na parametrach statystycznych, a dokładnie na badaniu gęstości punktów w zdefiniowanym przez użytkownika obszarze. Po określeniu średniej gęstości definiowana jest nowa gęstość dla chmury wynikowej.

Została także wprowadzona procedura automatycznej klasyfikacji chmury danych laserowych na punkty terenowe i punkty pokrycia. Filtracja odbywa się z wykorzystaniem algorytmu częstotliwościowego (Marmol, 2010).

- **Klasyfikacja powierzchni terenu**

Klasyfikacja powierzchni terenu jest przeprowadzana z wykorzystaniem algorytmu częstotliwościowego. Algorytm częstotliwościowy oparty na FFT został opracowany w Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska (Marmol, Jachimski,

2004). Metoda ta wykorzystuje dwa główne narzędzia teorii przetwarzania sygnałów cyfrowych: analizę widmową (FFT) i filtry cyfrowe. Analiza widmowa umożliwia określenie zależności pomiędzy dziedziną przestrzenną powierzchni topograficznej a jej dziedziną częstotliwościową.

Podstawowe założenie metody bazuje na idei, że niskie częstotliwości są związane z przebiegiem powierzchni topograficznej, natomiast wysokie odpowiadają za elementy pokrycia terenu. Zatem podstawowym zagadnieniem jest zaprojektowanie optymalnego filtra dolnoprzepustowego. Określenie parametrów filtra, czyli częstotliwości odcięcia i rzędu filtra jest kluczowym etapem w algorytmie częstotliwościowym.

Modyfikacja algorytmu (Marmol, 2010) polegała na określeniu innych parametrów częstotliwości odcięcia i rzędu filtra dla obszarów zabudowanych i leśnych, co przyczyniło się do znacznej poprawy wyników filtracji.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.949/11.

5. LITERATURA

- Alkaley K., Segal M., 2006. The OpenGL Graphic System: A Specification, <http://opengl.org>.
- Isenburg M., 2011. LAStools: converting, filtering, viewing, gridding, and compressing LIDAR data, <http://www.cs.unc.edu/~isenburg/lasools>.
- libLAS, 2011. <http://liblas.org>.
- Marmol, U., Jachimski J., 2004. A FFT based method of filtering airborne laser scanner data. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35 (Part 3B), pp. 1147–1152.
- Marmol U., 2010. The two-stage filtering of airborne laser data in a frequency domain, *Geodesy and Cartography*, Vol. 59, No 2.
- Pfeifer N., Stadler P., Briese C., 2001. Derivation of digital terrain models in the SCOP environment. *Proceedings of OEEPE workshop on airborne laserscanning and interferometric SAR for detailed digital elevation models* 1–3 March 2001; Editor Kennert Torlegard; Royal Institute of Technology Department of Geodesy and Photogrammetry 100 Stockholm, Stockholm.
- Soininen A., 2011. Algorithm. Presentation. <http://www.terrasolid.fi/en/presentations>.
- Spitzak B., 2011. Fast Light Toolkit, <http://fltk.org>.
- Twardowski M., 2007. Przeglądarka stereogramów utworzonych ze zdjęć pozyskiwanych z baz rozproszonych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 17b, Kraków.

VISUALIZATION AND PROCESSING OF AIRBORNE LASER SCANNING POINTS CLOUD

KEY WORDS: airborne laser scanning, visualization, data processing

SUMMARY: Relatively new technology which is laser scanning provides wide area of scientific study and research on new algorithms and spatial analysis methods. Unfortunately most of existing software does not allow for modification of existing procedures, usually working on a “black box” principle, where laser input data are treated with unknown operations, yielding results which are hard to verify. It severely impedes scientific freedom while research is involved. That is why idea of

creating own software was born, based on open source license, not encumbered with those restrictions. Those were main reasons for creating LIDARView project. It assumes open access to modules source code allowing for improvements of used algorithms and modular design allows for unrestricted research through additions of new elements.

LIDARView project is currently in its starting phase. Software allows for basic point cloud operations such as: zooming, translation and rotation of laser data. Included image module allows for displaying photographs as background for a point cloud. Cloud module can be used for accessing classification and filter functions. Current development state includes: gross error removal, cloud thinning and point classification for topographic surface.

dr inż. Mariusz Twardowski
misiect@agh.edu.pl
telefon: 012 617 23 02
fax: 012 617 39 93

dr inż. Urszula Marmol
entice@agh.edu.pl
telefon: 012 617 23 02
fax: 012 617 39 93