

Aleksandra Bujakiewicz

ZAKRESY BADAŃ KOMISJI III ISPRS W LATACH 1996-2000 ORAZ PREZENTACJE NA XIX KONGRESIE

1. Wprowadzenie

W ostatnich czterech latach (1996 – 2000), Komisja III, ISPRS, o nazwie „Teoria i algorytmy”, była prowadzona przez Prezydenta - Toni Schenk (USA) i dwóch sekretarzy, Kim Boyer (USA) i Ayman Habib (USA).

Zgodnie z raportem [*Schenk, Boyer, Habib*] zakres działania tej komisji był szeroki, od pozyskania danych, rekonstrukcji powierzchni terenu i rozpoznania obiektu do zrozumienia obrazu. W ostatnim czasie obserwuje się znaczny wzrost zastosowań różnych sensorów dla pozyskania danych oraz próbę integracji (fuzji, łączenia) tych różnych danych i ustalenie dla nich jednego, wspólnego układu odniesienia. Problem ten nie jest łatwy do rozwiązania i wymaga wielu dalszych badań.

Nowe zastosowania, w szczególności dotyczące modelowania miast, zwiększyły potrzebę szybkiego i ekonomicznego generowania DEM i DTM. Niektóre zastosowania, takie jak ekstrakcja sztucznych obiektów na powierzchni terenu, wymagają zastosowania kombinacji danych laserowych i obrazów cyfrowych. Laserowe skanowanie z pokładu samolotu stało się więc ważnym uzupełnieniem tradycyjnych metod fotogrametrycznych. To wymaga wielu badań dotyczących standaryzacji procedur kalibracyjnych oraz właściwych algorytmów dla przetworzenia danych laserowych.

Wiele poważnych badań związanych z działalnością Komisji III dotyczy problemu rozpoznania obiektu i zrozumienia obrazu. Jednakże, wymaga się, aby więcej teoretycznych rozważań było rozwijanych na temat użyteczności danych multi spektralnych i multi sensorowych dla rozpoznania obiektu.

2. Zakres działalności Grup Roboczych

Komisja III składa się z sześciu Grup Roboczych (WG), które prowadziły działania dotyczące koordynacji badań i projektów oraz organizacji sympozjów i warsztatów tematycznych.

Nazwy poszczególnych grup roboczych oraz główne zakresy ich działania są przedstawione poniżej.

WG III/1. Integracja kalibracji i orientacji sensora.

Pomimo szybkiego rozwoju i zastosowań różnych sensorów dla pozyskiwania danych, zauważa się nie wystarczające badania dotyczące ich kalibracji i orientacji. Wprowadzenie systemu GPS/INS dla określenia orientacji systemu w czasie lotu nie oznacza, że dodatkowa orientacja w trakcie przetworzenia może być zaniedbana. Ma to znaczenie na eliminację różnego rodzaju błędów i dystorsji i w konsekwencji poprawę dokładności pomiaru fotogrametrycznego.

WG III/2. Algorytmy dla rekonstrukcji powierzchni.

Główne spostrzeżenia to:

- Istnieje silny związek pomiędzy rekonstrukcją powierzchni i ekstrakcją obiektu. W szczególności, wyniki ekstrakcji budynków mogą być rozważone dla modelowania miast;
- System laserowy jest obecnie rozważany jako ważne narzędzie w procesie rekonstrukcji powierzchni, szczególnie w terenach miejskich, albo jako samodzielny system lub w połączeniu z cyfrowym obrazem;
- Algorytmy i programy dla rekonstrukcji powierzchni mają ciągle jeszcze wiele ograniczeń i zatem powinny być dalej rozwijane.

WG III/3. Ekstrakcja i grupowanie obiektów.

- Połączenie multi czy hyper spektralnych obrazów o różnej rozdzielczości oraz włączenie cyfrowego modelu powierzchni (DSM) uzyskanego z danych laserowych, może poprawić rezultat klasyfikacji lecz wymaga dodatkowego modelowania obrazu i przestrzeni obiektu;
- Grupowanie jest ważne, gdyż wykorzystuje więcej atrybutów, takich jak na przykład kolor obiektu badanego lub obiektów znajdujących się w jego sąsiedztwie. Grupowanie jest wykonane w trójwymiarowej przestrzeni;
- Metody optymalizacyjne, które były stosowane w semi-automatycznych technikach, wykazują dużą przydatność w automatycznej ekstrakcji obiektów.

WG III/4. Zrozumienie / rozpoznanie obiektu

- Połączenie różnych źródeł danych, jest jak dotąd ograniczone do łączenia tylko dwóch grup danych, zwykle w trzech kombinacjach; dane z multi obrazów i GIS dane, cyfrowe modele powierzchni (DSM) z GIS danymi, lub dane obrazowe i DSM;
- Ekstrakcja budynków z obrazów i danych laserowych oraz sieci dróg z lotniczych i satelitarnych obrazów jest tematem wielu badań. Jednakże, zauważa się pewną redukcję stosowania danych laserowych dla rozpoznania obiektu, pomimo że ich stosowanie dla tworzenia cyfrowych modeli wysokościowych terenu rośnie;
- Ekstrakcja informacji dotyczącej drzew z różnych źródeł danych (obrazy lotnicze, dane radarowe i skanerowe) daje obiecujące wyniki;
- Systemy dla rozpoznania obiektów są projektowane dla specyficznych zadań i są trudne do zaadaptowania ich do innych warunków i zastosowań.

WG III/5. Teledetekcja oraz teoria wizji dla automatycznej interpretacji sceny.

- Zastosowanie multi spektralnych i multi sensorowych danych zwiększa efektywność rozwiązania problemów rozpoznania obiektu i klasyfikacji sceny. Kombinacja ciągłych danych obrazowych i danych skaningu laserowego stanowi idealne źródło dla pozyskiwania danych o powierzchni terenu. Jednakże, problem prawidłowego łączenia różnych danych nie jest jeszcze rozwiązany efektywnie i wymaga wielu badań;
- Tradycyjne podejścia do rozpoznania obiektu muszą być poszerzone przez włączenie teledetekcyjnych technik klasyfikacji;
- Ze względu na to że laserowe pozyskiwanie danych dla rekonstrukcji powierzchni nie zawiera nadliczbowych obserwacji, zaleca się właściwą kontrolę jakości danych;
- Ważnym aspektem jest wtórne przetworzenie surowych danych laserowych, włączając kontrolę jakości, segmentację powierzchni, oraz łączenie różnych źródeł informacji o powierzchni.

WG III/6 Teoria i algorytmy dla SAR

- Proponuje się stworzenia w przyszłości niezależnej Grupy Roboczej nie należącej tylko do jednej Komisji.

3. Prezentacje Komisji III na XIX Kongresie

Badania prowadzone przez ostatnie cztery lata dotyczące powyższych zagadnień zostały na XIX Kongresie ISPRS zaprezentowane na sesjach audytoryjnych (TC) i posterowych (TP).

Niektóre zakresy tematyczne poszczególnych sesji, pomimo różnych ich nazw, czasami się powtarzały. Ogółem zaprezentowano 35 referatów na sześciu audytoryjnych sesjach Komisji III oraz 83 referaty na czterech sesjach posterowanych.

Nazwy i główna tematyka poszczególnych sesji audytoryjnych (TC) Komisji III były następujące:

Komputerowe widzenie dla wszystkich. (5 referatów)

Komputerowe widzenie jest związane z rekonstrukcją, opisem i interpretacją 3D obiektów uzyskanych z 2D obrazów. Problemy badawcze to rozwój nowych koncepcji, algorytmów i procedur dla komputerowego widzenia w zastosowaniu do różnych dyscyplin.

Referaty dotyczyły nowych procedur dla orientacji obrazów, jak przedstawił np. [Ressl] lub [Forstner] oraz metod wyrównawczych stosowanych dla integracji danych uzyskanych ze skanera laserowego z danymi z kamery cyfrowej, opisanych przez [Weisensee].

Rekonstrukcja powierzchni terenu (10 referatów)

Przestrzenna i spektralna rozdzielczość sensorów szybko rośnie a czas i koszt pozyskania danych z multi-sensorów jednocześnie maleje. To powoduje rozwój automatycznych metod dla rekonstrukcji powierzchni i rozpoznania obiektów na podstawie integracji danych z różnych sensorów w celu zwiększenia ich niezawodności i dokładności. Problem ten jest szczególnie ważny w różnych zastosowaniach miejskich, dla tworzenie

trójwymiarowych modeli miast lub modeli poszczególnych budynków, czy rzeczywistych cyfrowych ortofotografii.

Skanowanie laserowe, jak wiadomo, jest wydajną i dokładną metodą pozyskania danych o topografii powierzchni terenu, w formie gęstej sieci punktów wysokościowych o wysokiej dokładności, i w tym zakresie ma przewagę nad tradycyjną metodą fotogrametryczną, bazującą na automatycznym opracowaniu cyfrowych obrazów, gdzie dokładności pomiaru numerycznego modelu rzeźby terenu są ograniczone. Jednakże, metoda skanowania laserowego ma inne ograniczenia, dotyczące uzyskania tematycznych informacji o terenie i położeniu różnych obiektów, to znaczy nie ma bezpośredniej zależności między wysokościami terenowymi a obiektami. Dlatego nowe propozycje automatycznego generowania dokładnego DTM/DSM idą w kierunku integracji produktu DTM uzyskanego z automatycznym opracowaniem cyfrowych obrazów z informacją wysokościową o powierzchni terenu uzyskaną z danych skanowania laserowego. W etapie przetworzenia następuje połączenie obu zbiorów danych, odpowiednia filtracja i transformacja do jednego układu współrzędnych. W referacie [Mcintosh, Krupnik, Schenk] przedstawiona jest propozycja technologiczna takiej integracji danych i pierwsze eksperymenty wykonane dla terenu miasta - Ocean City, USA. Referat prezentowany przez [Toth i Grejner] pokazuje efekt następných eksperymentów w tym zakresie, gdzie dane wysokościowe powierzchni dla terenów miejskich uzyskane laserowym systemem Aero Scan LIDAR, z dokładnością 0.15 m, zostały połączone z danymi z kamery cyfrowej wspomaganej systemem GPS/INC.

Kilka referatów dotyczy technologicznych udoskonaleń w przetworzeniu danych uzyskanych laserem lub kamerą cyfrową, w odniesieniu do tworzenia DTM. Problemy te można sklasyfikować jak poniżej;

- Metody filtracji danych laserowych mających na celu rozróżnienie punktów znajdujących się bezpośrednio na terenie od punktów charakterystycznych dla obiektów pokrywających teren. Dla przykładu, w artykule prezentowanym przez [Lohmann, Koch i Schaeffer] dwie metody, liniowego przewidywania i użycia dual rank filtrów, są rozważane pod względem teoretycznym i uzyskane rezultaty są analizowane i porównywane;
- Zastosowanie metody SFS (Shape from Shading) dla rekonstrukcji powierzchni w przypadku korelacji kilku obrazów cyfrowych (MI-SFS - multi image SFS). Metoda MI-SFS bazuje na perspektywicznych transformacjach pomiędzy punktami obiektu i ich obrazami i bezpośrednio przyporządkowuje odpowiadające liczby gęstości obrazu na jednym lub kilku obrazach do odpowiadającej wysokości cyfrowego modelu terenu i parametrów radiometrycznego modelu powierzchni. W artykule [Heipke, Piechullek, Ebner] przedstawiono modele teoretyczne i testy praktyczne dotyczące tego zagadnienia.
- Poprawa dokładności generowania DTM poprzez zastosowanie automatycznej korelacji obrazów wspomaganą przez Robust estymację w kombinacji z technikami obróbki obrazu (analiza tekstury i wykrywanie krawędzi), została przedstawiona przez [Lu i Kubik].

Automatyczne rozpoznanie (ekstrakcja) dróg (5 referatów).

W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój metod dotyczących automatycznego rozpoznania obiektów sztucznych takich jak, budynków i dróg, z obrazów lotniczych i innych danych, takich jak uzyskanych z laserowych lub multi czy hyper-spektralnych skanerów.

W referatach zostało przedstawionych kilka podejść i algorytmów dla automatycznej ekstrakcji dróg i skrzyżowań w terenach miejskich w oparciu o cyfrowe obrazy lotnicze i dane

wysokościowe terenu, tak jak dla przykładu w referacie [Hinz, Baumgartner], lub na podstawie analizy obrazów satelitarnych SPOT Pan, ADEOS Multispectral i TM LANDSAT, opisanej w [Hazarika, Honda i Murai].

Automatyczna ekstrakcja budynków (5 referatów)

Porównanie różnych procedur segmentacji danych uzyskanych systemem laserowym w celu ekstrakcji i rekonstrukcji/modelowania budynków, zostało przedstawionych przez kilku autorów, między innymi [Geibel i Stilla]. Dodatkowo, tak jak przedstawił [Brenner], możliwości są analizowane, jak takie dane mogą być w konsekwencji wykorzystane dla pełnego automatycznego generowania 3D modeli miast.

Rozpoznanie obiektu przy zastosowaniu multi sensorów i wielospektralnych danych. (5 referatów)

Multi sensorowe i wielospektralne dane, które stały się powszechnie dostępne, mają znaczny wpływ na rozwój coraz to bardziej efektywnych i dokładnych metod generowania DTM oraz rozpoznania i ekstrakcji obiektów. Dla pełnego wykorzystania możliwości tych danych, powinny być one zintegrowane, a więc teoretyczne i koncepcyjne aspekty takiej integracji w odniesieniu do procesu rozpoznania obiektów muszą być zbadane. W przedstawionych referatach zastosowano kombinacje różnych danych dla rozwiązania kilku zagadnień. Dla przykładu, [Kiema i Bahr] badali wpływ integracji wysoko rozdzielczych multispektralnych obrazów z danymi laserowymi i kompresję danych na automatyczną klasyfikację środowiska miejskiego. W artykule [Hellwich, Gunzl, Wiedemann] badano wpływ integracji wysoko rozdzielczych panchromatycznych obrazów lub wielospektralnych danych z SAR/INSAR danymi na poprawę ekstrakcji obiektów i w konsekwencji polepszeniu wyników klasyfikacji.

Laserowa altymetria (5 referatów)

GPS/INS pomiary są wykonywane dla orientacji danych skaningu laserowego. Błędy w pomiarach GPS i INC są propagowane do współrzędnych punktów terenowych. W referacie [Butman], rozbieżności pomiędzy pokrywającymi się szeregami pomiarów laserowych są modelowane jako błędy orientacji. Dla uzyskania obserwacji nadliczbowych, rekomenduje się pokrycie terenu czterema szeregami wykonanymi w czterech różnych kierunkach. Badania opisane w artykule [Crombaghs, Brugelmann, de Min] wskazały na możliwość znacznego wzrostu dokładności określenia wysokości w przypadku wyrównania pokrywających się szeregów danych skaningu laserowego. Regularna siatka punktów wysokościowych wyznaczana skanowaniem laserowym nie zawsze jest wystarczająca. Znajomość charakterystycznych linii terenowych jest konieczna. W referacie [Brugelmann] proponowany jest algorytm dla wyznaczenia takich elementów z danych laserowych.

Nazwy poszczególnych sesji posterowych (TP) dotyczących komisji III oraz liczba prezentowanych referatów w poszczególnych sesjach były jak poniżej;

- Rekonstrukcja budynków i low level processing (19 referatów);
- Rozpoznanie drogi i obiektu (23 referatów);
- DTM i korelacja obrazu (20 referatów);
- Orientacja obrazu i laserowa altymetria (21 referatów).

Ze względu na dużą liczbę referatów (83) i krótki okres na przygotowanie niniejszego komunikatu, szczegółowa analiza tematyki referatów posterowych nie jest możliwa. Jednakże, wydaje się, że ze względu na duże zainteresowanie danymi skaningu laserowego w ostatnim okresie, interesującym może być referat [Petzold, Axelsson] przedstawiony podczas czwartej sesji posterowej, dotyczący prezentacji pierwszych wstępnych rezultatów nowego międzynarodowego projektu grupy roboczej OEEP na ten temat. Pierwsza faza projektu dotyczyła analizy odpowiedzi na ankietę wysłaną do potencjalnych użytkowników danych skaningu laserowego, w celu zbadania ich żądań dotyczących tych danych oraz wymagań w odniesieniu do uzyskanych produktów finalnych, takich jak DEM/DSM stosowanych dla terenów miejskich lub zalesionych i 3D modeli miast. Ankieta została wysłana do 300 instytucji/organizacji w 32 krajach Europy. Z uzyskanych 79 odpowiedzi wynika, że 18 instytucji stosuje już produkcyjnie dane laserowe, 21 instytucji - dane te testuje, a 40 instytucji nie stosuje danych laserowych, lecz są nimi zainteresowani. Z wyników ankiety wynika, że dane laserowe są głównie stosowane dla celów tworzenia DEM/DSM a głównymi korzyściami tej metody są wysoka precyzja i duża gęstość punktów oraz efektywność kosztów i krótki czas produkcji danych. W drugiej fazie projektu, wybrano pole testowe, które obejmuje zarówno tereny miejskie jak i leśne oraz zawiera różnego rodzaju obiekty inżynierskie, dla którego wykonano kontrolne pomiary terenowe i pozyskano pierwsze dane laserowe.

W drugiej i trzeciej fazie projektu przewiduje się przetworzenie i analizę oraz prezentację końcowych wyników w czasie zorganizowanych warsztatów. Przewiduje się, że wyniki testu pozwolą wyjaśnić kilka istotnych kwestii dotyczących stosowania skaningu laserowego, dla generowania DEM/DSM i 3D modeli miast, w szczególności, gęstości punktów i dokładności ich położenia.

Na zakończenie, należy wspomnieć, że w sesjach posterowych Komisji III, prezentowali swoje referaty nasi koledzy z IGiK [R. Kaczyński i J. Ziobro] oraz z UWM [R. Jedryczka].

Wybrane referaty według kolejności umieszczenia w tekście:

1. Schenk T., Boyer K., Habib A., *Commission III: Theory and Algorithms*, Highlights ISPRS, Vol. 5, No. 1, March 2000;
2. Ressel, C., *An Introduction to the relative orientation using the Trifocal Tensor*;
3. Forstner W., *New orientation procedures*;
4. Weisensee M., *Combined adjustment of Laser Scanning Data and Digital Photogrammetric Images*;
5. McIntosh K., Krupnik A., Schenk T., *Improvement of automatic DSM generation over urban areas using Airborne Laser Scanner Data*;
6. Toth C., Grejner-Brzezinska D., *Complementarity of LIDAR and Stereo Imagery for enhanced surface extraction*;
7. Lohmann P., Koch A., Schaeffer M., *Approaches to the filtering of Laser Scanner Data*;

8. Heipke C., Piechullek C., Ebner H., *Simulation studies and practical tests using multi image shape from shading*;
9. Lu Y., Kubik K., *Stereo image matching using Robust Estimation and Image Analysis Techniques for DEM generation*;
10. Hinz S., Baumgartner A., *Road extraction in urban areas supported by context objects*;
11. Hazarika M., Honda K., Samarakoon L., Murai S., *Extraction of road information using Multisensor data*;
12. Geibel R., Stilla U., *Segmentation of Laser Altimeter data for building reconstruction: different procedures and comparison.*;
13. Brenner C., *Towards fully automatic generation of city models*;
14. Kiema J.B.K., *Effect of wavelet compression on the automatic classification of urban environments using high resolution multispektral imagery and laser scanning data*;
15. Hellwich O., Gunzl M., Wiedemann C., *Fusion of optical imagery and SAR/INSAR data for object extraction*;
16. Butman H., *Adjustment of Laser scanner data for correction of orientation errors*;
17. Crombaghs M.J.E., Brugelmann R., De Min E.J., *On the adjustment of overlapping strips of laseraltimeter height data*;
18. Brugelmann R., *Automatic breaklines detection from airborne laser range data*;
19. Petzold B., Axelsson P., *Results of the OEEPE Working Group on Laser data aquisition*;
20. Kaczyński R., Ziobro J., *Comparison of semi – automatic and automatic digital aerial triangulation*;
21. Jedryczka R., *Vector data in semi-automatic corrections of dense DEM for orthoimages generation.*

Recenzował: prof. dr hab. inż. Józef Jachimski