

**FOTOGRAMETRYCZNE WIDZENIE KOMPUTEROWE I ANALIZA  
OBRAZU W ŚWIETLE III KOMISJI XXI KONGRESU ISPRS**

**PHOTOGRAMMETRIC COMPUTER VISION AND IMAGE ANALYSIS  
IN THE LIGHT OF COMMISSION III OF THE 21ST ISPRS CONGRESS**

**Aleksandra Bujakiewicz**

Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP, Wydział Geodezji i Kartografii  
Politechnika Warszawska

**SŁOWA KLUCZOWE:** widzenie komputerowe, analiza obrazu, rozpoznanie obiektu, dane pozycyjne

**STRESZCZENIE:** W referacie zostaną przedstawione główne zakresy działalności III Komisji Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS), realizowane w latach 2004 - 2008, które były prezentowane na XXI Kongresie w Pekinie, w lipcu 2008 roku. Prace badawcze III Komisji, które były wykonywane w ramach pięciu grup roboczych, zostały opublikowane w dwóch częściach B3a i B3b Międzynarodowego Archiwum Fotogrametrii i Teledetekcji, oraz przedstawione w ramach 34 referatów na 8 sesjach technicznych i 156 referatów na 8 sesjach posterowych. Poszczególne sesje dotyczyły następujących głównych zagadnień: metod automatycznej orientacji, sekwencji obrazu i rekonstrukcji powierzchni, obrazowania i interpretacji obrazów z lotniczego skanera laserowego (Lidaru), wykrywania i rekonstrukcji budynków, ekstrakcji dróg i monitorowania ruchu drogowego, fotogrametrycznego widzenia komputerowego, 3D modelowania miasta, automatyzacji w analizie obrazu. W trakcie ostatniego posiedzenia Ogólnego Zgromadzenia ('General Assembly'), 9 lipca 2008 roku, zostało zatwierdzonych szereg rezolucji i postanowień, dotyczących wszystkich ISPRS technicznych Komisji. Zawierały one zarówno ogólne spostrzeżenia, jak i rozpoznanie koniecznych badań oraz rekomendacje, które w odniesieniu do Komisji III, są zgrupowane w dwóch następujących częściach: (1) Zintegrowana ocena obrazowych i pozycyjnych (range) danych, oraz (2) Automatyczna interpretacja obrazowych i pozycyjnych danych.

## **1. WPROWADZENIE**

Komisja III Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS) obejmuje różne aspekty fotogrametrycznego widzenia komputerowego i analizy obrazu, które można wyszczególnić następująco:

- algorytmy dla geometrycznej analizy danych obrazowych w odniesieniu do skali;
- analizy geometryczne danych IR, SAR, IFSAR i LIDAR;
- automatyczne techniki i metody dla automatycznej ekstrakcji obiektów i atrybutów z zobrazowań wielosensorowych, wielorodzielczych, hiperspektralnych i wieloczasowych;

- podstawowe badania związane z zrozumieniem obrazu w celu wykrycia, rozpoznania, identyfikacji oraz rekonstrukcji obiektu;
- generowanie NMT oraz integracja konceptów trójwymiarowego modelowania z procesami analizy obrazu;
- integracja systemów informacji przestrzennej i modeli obiektu dla celu rozpoznania obiektu;
- geometria rzutowa i wiele perspektywiczna;
- analiza sekwencji obrazu;
- algorytmy dla włączenia obiektów w procesy orientacji;
- przestrzenne, spektralne i czasowe właściwości obiektów naturalnych i stworzonych przez człowieka.

Wyniki badań teoretycznych i aplikacyjnych, obejmujących powyższe zagadnienia, realizowanych przez badaczy w różnych ośrodkach na świecie w latach 2004 ÷ 2008, zostały zaprezentowane na XXI Kongresie w Pekinie, w ramach 34 referatów sześciu półtora godzinnych sesji technicznych oraz 156 referatów siedmiu dwugodzinnych sesji posterowych. Wszystkie referaty zostały opublikowane w postaci drukowanej i elektronicznej w materiałach kongresowych (Archives of XXI ISPRS Congress). W międzyczasie, we wrześniu 2006 roku, zostało zorganizowane w Bonn przez W. Forstnera – prezydenta Komisji III, Sympozjum III Komisji na temat „Photogrammetric Computer Vision PCV’06,” (Fotogrametryczne Widzenie Komputerowe), na którym były prezentowane wyniki prac badawczych wykonywanych w ramach wszystkich pięciu grup roboczych Komisji.

W latach 2005 i 2007, Komisja III zorganizowała także dziewięć warsztatów lub konferencji w Enschede (Holandia), Wiedniu, Pekinie, Paryżu, Espoo (Finlandia) oraz Monachium, które obejmowały zagadnienia będące tematami badawczymi jednej lub kilku grup roboczych tej komisji, a także tematy będące w zakresie grup roboczych innych Komisji. Warsztaty obejmowały ciekawą i aktualną tematykę, taką jak: zastosowania skaningu laserowego; ekstrakcja obiektów dla 3D modeli miast, drogowych baz danych drogowych i monitorowania ruchu drogowego; automatyczna kalibracja, orientacja i rekonstrukcja powierzchni z obrazów; wielokierunkowe widzenie, sieci kamer i niekonwencjonalne kamery; fotogrametryczna analiza obrazu. Dodatkowo, grupy robocze Komisji III współ-organizowały sesje w ramach konferencji innych organizacji, takie jak np. SAR dla monitorowania miast na konferencji EUSAR 2006 w Dreźnie, IGASAR’06’ w Denver, USA oraz URBAN w Paryżu.

## **2. PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ PREZENTOWANYCH W SESJACH KOMISJI III**

Poszczególne Grupy Robocze (WG) Komisji III obejmowały następującą tematykę;

- WG III/1 – Automatyczna kalibracja i orientacja obrazów z sensorów optycznych
- WG III/2 – Automatyczna rekonstrukcja powierzchni z obrazu
- WG III/3 – Przetwarzanie danych skaningu laserowego

- WG III/4 – Automatyczna interpretacja obrazu dla modelowania miast
- WG III/5 – Modele i algorytmy dla automatycznej ekstrakcji dróg oraz monitorowanie ruchu drogowego

Referaty przedstawiane na sesjach technicznych i posterowych Komisji III, obejmowały tematykę poszczególnych w/w grup roboczych i tytuły tych sesji były związane z nazwami grup roboczych. Jednakże część prezentacji obejmowała tematykę wspólną dla kilku grup roboczych i te umieszczono w sesji TC III - Fotogrametryczne widzenie komputerowe.

Ponadto, tematyka związana z Komisją III była także prezentowana na czterech sesjach tematycznych ThS (technicznych i posterowych), których nazwy przedstawiono w tabeli 1.

W tabeli 1, przedstawiono wykaz nazw sesji technicznych i posterowych w ramach poszczególnych grup roboczych Komisji III i sesji tematycznych oraz liczby prezentowanych w nich referatów.

Ogólna liczba referatów, publikowanych na 760 stronach III Archiwum Komisji III i prezentowanych na sesjach technicznych i posterowych, wynosiła odpowiednio 34 oraz 156.

Publikacje w zakresie grupy roboczej **WG III/1** można sklasyfikować pod względem treści do następujących głównych grup tematów:

- Algorytmy dla wieloobrazowego automatycznego dopasowywania (matchingu) obrazów lotniczych obszarów miejskich, stosujące sieci neuronowe lub linie krawędziowe oraz obrazy wieloczasowe; dopasowywanie wielorozdzielczych obrazów satelitarnych stosując ich geometryczne i radiometryczne właściwości; zależność efektywności automatycznego dopasowywania obrazów zdjęć naziemnych od ich warunków geometrycznych;
- Propozycja metody automatycznego wyrównania wiązek poprzez bezpośrednie użycie w procesie wyrównawczym różnych estymacji orientacji kamery (zamiast stosowania klasycznego modelu błędów dla wyrównania wiązek, bazującego na obserwowanych homologicznych obrazach punktów zdjęć, które przy automatycznym pomiarze są często obarczone błędami przypadkowymi i zatem dyskwalifikują je jako podstawę dla wyrównania; wpływ precyzji i niezawodności określenia środków rzutów w czasie lotu na dokładność wyrównania triangulacji;
- Kalibracja kamery oraz optyczno-mechanicznych parametrów skanerów laserowych.

Główne grupy tematyczne prezentacji w zakresie **WG III/2** są następujące:

- Propozycje metod dla generowania NMT z satelitarnej interferometrii SAR; 3D modelowanie poprzez integrację światła strukturalnego i geometrii epipolarnej; ekstrakcja budynków poprzez zastosowanie modelu pokrycia terenu i zobrazowania; rekonstrukcja kształtu budynków na podstawie danych Lidar lub danych z nie kalibrowanych kamer;
- Mapowanie terenu w czasie rzeczywistym z bezzałogowych platform lotniczych, robustowa metoda przestrzenno-czasowa dla śledzenia poruszających się obiektów.

Tabela 1. Zestawienie nazw sesji technicznych i posterowych w ramach poszczególnych grup roboczych Komisji III i sesji tematycznych oraz liczby prezentowanych referatów w tych sesjach.

Grupa Robocza	Sesje Techniczne		Sesje Posterowe	
	Nazwa Sesji	Liczba referat.	Nazwa Sesji	Liczba referat.
WG III / 1	Metody automatycznej orientacji	4	Automatyzacja w orientacji i analizie obrazu	16
WG III / 2 i ICWG III / V	Sekwencje obrazu i rekonstrukcja powierzchni	4	Sekwencje obrazu i powierzchnie	23
WG III / 3	(1) Lidar - obrazowanie i analiza danych (2) Interpretacja danych z Lidaru	4	Lidar - obrazowanie i interpretacja (2 sesje)	45
		4		
WG III / 4	Wykrywanie i rekonstrukcja budynków	4	Automatyczna interpretacja obrazu dla modelowania miasta	23
WG III / 5	Ekstrakcja dróg i monitorowanie ruchu drogowego	4	Modele i algorytmy dla ekstrakcji dróg i monitorowania ruchu drogowego	22
TC III (WG III/1 III/3, III/4 III / 5 )			Fotogrametryczne widzenie komputerowe	13
ThS 7	3D modelowanie miasta	6	3D modelowanie miasta	11
ThS 22	Automatyzacja w analizie obrazu	4	Automatyzacja w analizie obrazu	3
<b>Ogólna liczba referatów</b>		<b>34</b>		<b>156</b>

Grupy tematów zawartych w publikacjach **WG III/3** to:

- Wykorzystanie danych z lotniczego skanera laserowego (Lidar) dla ekstrakcji krawędzi budynków i automatycznej rekonstrukcji budynków, dokładnej klasyfikacji obszarów miejskich oraz wstępnej klasyfikacji i segmentacji obiektów miejskich, wykrywania delikatnych linii krawędziowych, wykrywania pojedynczych drzew, ekstrakcji koron drzew w terenach leśnych, szybkiej ekstrakcji słupów (pilarów), analizy stref brzegowych, generowania NMT w obszarach leśnych;
- Integracja danych z lotniczego skanera laserowego i map wektorowych dla parametrycznej rekonstrukcji kompleksowych budynków oraz chmury punktów i danych wektorowych dla generowania DEM; łączenie danych Lidar i zdjęć lotniczych dla klasyfikacji pokrycia terenu;
- Wykorzystanie danych z lotniczego skanera laserowego dla orientacji modelu fotogrametrycznego (automatycznej i półautomatycznej); łączenie LSM z danymi Lidar w celu wyrównania szeregu; zastosowanie komórek przestrzennych (wokseli) do blokowego 3D wyrównania danych Lidar;
- Badanie wpływu orientacji systemu Lidar na ostateczną dokładność pozyskanej chmury punktów;

- Wykorzystanie danych z naziemnego skaningu laserowego dla określenia parametrów inwentaryzacyjnych lasów, oraz dla monitorowania budynków historycznych.

Publikacje zawarte w **WG III/4** mogą być sklasyfikowane następująco:

- Metody ekstrakcji i rekonstrukcji budynków bazujące na danych pozyskanych z InSar, z wysokorozdzielczych lotniczych obrazów barwnych lub z wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych oraz z NMPT; rekonstrukcja konstrukcji budynków z cyfrowych map wysokościowych; analiza chmury punktów pozyskanych z matchingu i zastosowania algorytmu Edisona.
- Wykrywanie zmian budynków na podstawie ekstrakcji krawędzi pionowych, zastosowanie 3D modelu teksturalnego budynku, oraz poprzez wybór odpowiednich detali budynku.

Grupy tematów zawartych w publikacjach grupy roboczej **WG III/5** można sklasyfikować jako:

- Automatyczne i półautomatyczne metody wykrywania i ekstrakcji sieci dróg i skrzyżowań ze zdjęć lotniczych i wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych oraz ich zastosowanie dla aktualizacji drogowej bazy danych;
- Monitorowanie i automatyczna analiza ruchu drogowego z danych pozyskanych z Lidaru, lotniczego termalnego systemu video oraz lotniczej szerokokątnej kamery.

Prezentacje zawarte w materiałach z sesji tematycznej **ThS 7** można sklasyfikować do następujących grup:

- Rekonstrukcja budynków z danych systemu Lidar i map topograficznych; automatyczna aktualizacja bazy danych budynków na podstawie NMPT i wielospektralnych obrazów;
- Segmentacja i modelowanie dachów budynków na podstawie chmury punktów z Lidaru i technik uczenia komputerowego, lub fuzji danych laserowych i obrazów lotniczych; wykrywanie dachów budynków z wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych;
- Wykrywanie, segmentacja i charakteryzacja roślinności na podstawie wysokorozdzielczych obrazów lotniczych w celu modelowania 3D miast.

Artykuły zawarte w materiałach dotyczącej sesji tematycznej **ThS 22** można zgrupować następująco:

- Modele dla true ortorektifikacji;
- Hybrydowe pomiary w automatycznej fotogrametrii bliskiego zasięgu.

### **3. TECHNICZNE REZOLUCJE I POSTANOWIENIA KONGRESU W ZAKRESIE DZIAŁALNOŚCI KOMISJI III**

W trakcie ostatniego posiedzenia Ogólnego Zgromadzenia Kongresu („General Assembly”), 9 lipca 2008 roku, zostało zatwierdzonych szereg rezolucji i postanowień, dotyczących wszystkich Technicznych Komisji Międzynarodowego Stowarzyszenia Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS). Zawierały one zarówno ogólne spostrzeżenia, jak i rozpoznanie koniecznych dalszych badań oraz rekomendacje, które w odniesieniu do Komisji III, są zgrupowane w dwóch następujących tematach:

### **3.1. Zintegrowana ocena obrazowych i pozycyjnych (range) danych**

Spostrzeżenia:

- szybki technologiczny rozwój systemów dla pozyskiwania danych, takich jak, lotnicze i naziemne systemy skaningowe, oraz
- zdolność tych systemów do dostarczenia pełnej spektralnej informacji oraz jej wysokiej rozdzielczości geometrycznej.

Rozpoznanie koniecznych badań:

- potrzeba na wysokorozdzielczą i aktualną 3D informację w szczególności na obszarach miejskich, w celu tworzenia 3D modeli miast oraz w terenach leśnych dla wysoko dokładnościowej inwentaryzacji i planowania,
- w zakresie pokonania trudności w uzyskaniu oceny dokładności sensorów,
- określenie różnych sposobów i czynności dla pozyskania danych obrazowych i pozycyjnych oraz wyeliminowanie dużej rozbieżności pomiędzy rozdzielczością tych danych.

Rekomendacje:

- wsparcie badań w zakresie automatycznych metod kalibracji i orientacji systemów obrazowych i pozycyjnych (range),
- analiza możliwości wykorzystania sygnałów skaningu laserowego (Lidaru) dla ekstrakcji informacji,
- wsparcie badań dotyczących zintegrowanej oceny danych obrazowych i lidarowych.

### **3.2. Automatyczna interpretacja obrazowych i pozycyjnych danych**

Spostrzeżenia:

- postęp w statystycznym modelowaniu oraz w określaniu kompleksowych zjawisk, w szczególności zwiększenie zastosowania podstaw stochastycznych, przypadkowych pól Markova (Markov-Random Fields) i oraz probalistycznych sieci Bayesowskich i sieci przyczynowych powiązań,
- dostępność dużego zasobu danych obrazowych i pozycyjnych we wszystkich skalach.

Rozpoznanie koniecznych badań:

- potrzeba zwiększenia wydajności map topograficznych, wysokorozdzielczego modelowania 3D miast i map użytkowania terenu we wszystkich skalach bez intensywnej interakcji ludzkiej,
- zwiększenie pokrycia pomiędzy metodami interpretacyjnymi stosowanymi w odniesieniu do naziemnych, lotniczych i satelitarnych danych.

Rekomendacje:

- intensyfikacja rozwoju narzędzi dla interpretacji danych obrazowych i pozycyjnych,
- zwiększenie kooperacji pomiędzy rozpoznawaniem obrazu, komputerowym widzeniem oraz robotami,
- intensywne badania dotyczące wykrywania obiektów i analizy scen dotyczących danych obrazowych i pozycyjnych we wszystkich skalach, w kooperacji z Komisjami V i VII.

#### **4. LITERATURA**

Artykuły Komisji III Archiwum XXI Międzynarodowego Kongresu Fotogrametrii i Teledetekcji, lipiec 2008, Pekin.

Rezolucje Kongresu zatwierdzone przez Zgromadzenie Ogólne ISPRS – 9 lipiec 2008 r.

prof. dr hab. inż. Aleksandra Bujakiewicz  
e-mail: abujak7@wp.pl  
tel: 022 - 2347694