Mobile Mapping Technology

dr inż. Karol Kwiatek

karol.kwiatek@gmail.com
www.fotogrametria.krakow.pl

29/11/2018
AGH, WGGiIŚ

Plan wykładu

1. System mobilnego kartowania
2. Elementy składowe
3. Mobilny system imersyjny
4. Fotogrametria imersyjna
5. Mobilny system do wnętrz
6. Mobilny system imersyjny do wnętrz
7. Aplikacje do MMS
8. Nowości MMS z Intergeo2018

dr inż. Karol Kwiatek, PhM (W.Bryt)

Doktorat z Fotogrametrii i Geoinformatyki

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (2014 - 2017)

Studia doktoranckie w Wielkiej Brytanii

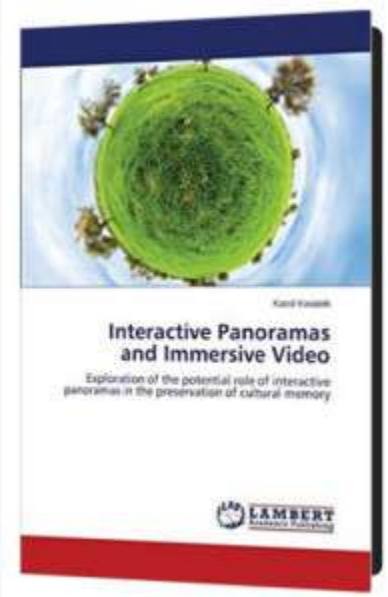
University of Plymouth (2007-2013)

Stypendium Socrates/Erasmus w Niemczech

Dresden University of Technology (2004-2005)

Studia inżynierskie i magisterskie w Krakowie

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (2000 - 2005)

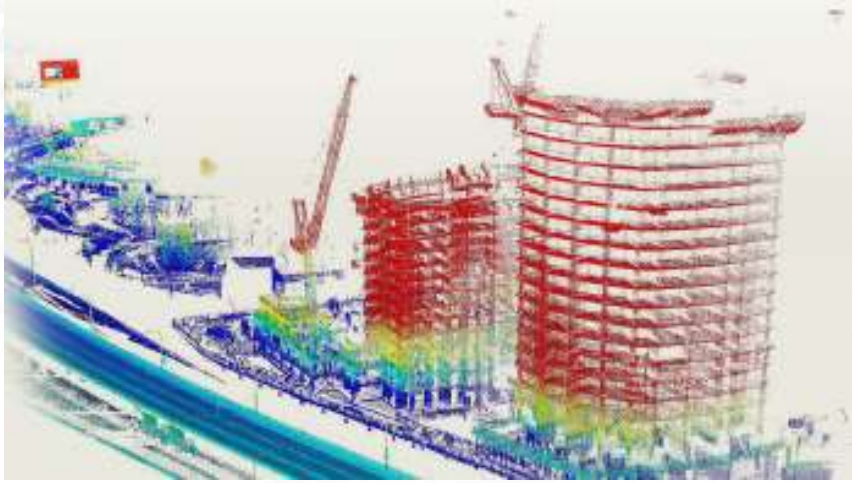


www.kwiatek.krakow.pl

Tradycyjny pomiar geodezyjny wzdłuż drogi

- Niska efektywność
- Długi czas pomiarów
- Utrudnienia spowodowane ruchem pojazdów

Pomiar systemem mobilnego kartowania



- Wysoka efektywność
- Bardzo krótki czas pomiarów
- Brak utrudnień spowodowanych ruchem pojazdów

1. System mobilnego kartowania

System mobilnego kartowania (ang. *Mobile Mapping System* – MMS)

- nowoczesny system szybkiego pozyskiwania danych przestrzennych poprzez dynamiczny przejazd samochodu pomiarowego przy bieżącym ruchu ulicznym

(Bujakiewicz, A., Preuss, R. 2016)

Inne nazwy: mobilny system inwentaryzacyjny
lub mobilny system mapowania

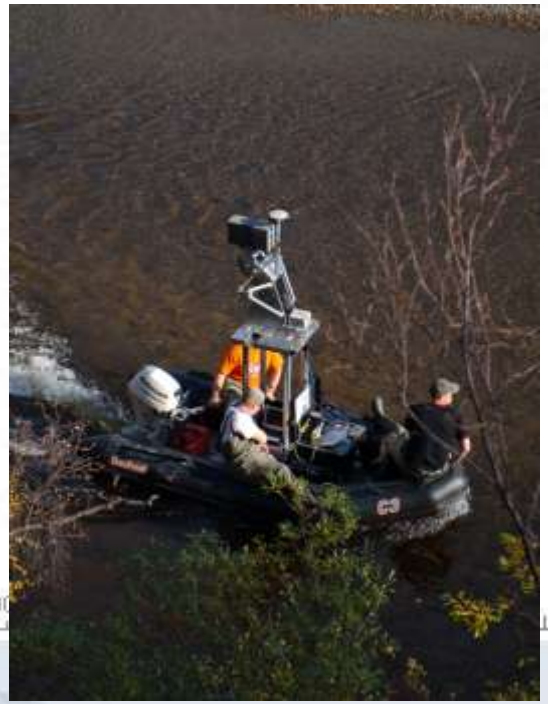
Google

Robin

Leica Pegasus na łodzi

Leica Pegasus w plecaku

National Land Survey of Finland



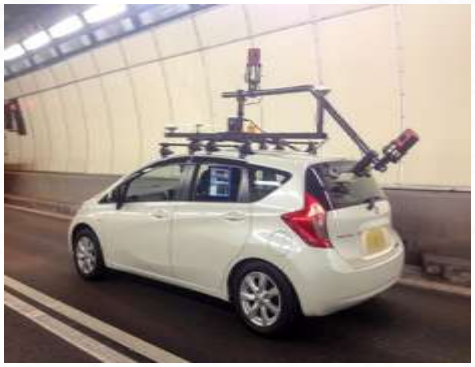
Systemy Kartowania Mobilnego

Riegl VMX 450

Topcon IP-S3

Leica Pegasus II

Cyclomedia DCR 7



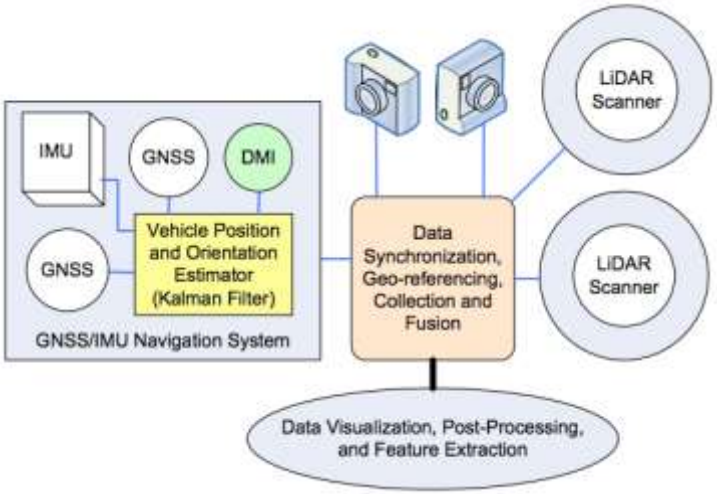
Iwane IMS3

Earthmine

2. Elementy składowe MMS

Elementy składowe

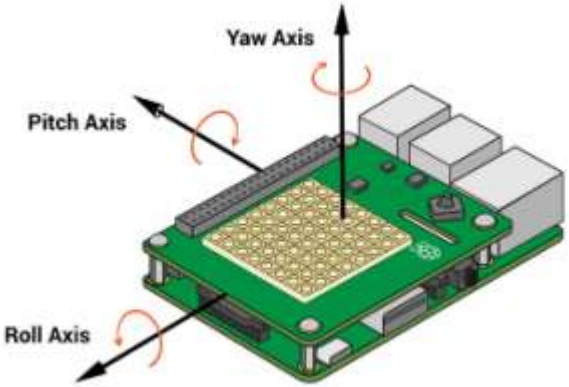
- Skaner laserowy
- GNSS
- IMU
- Kamera 360°
- odometr

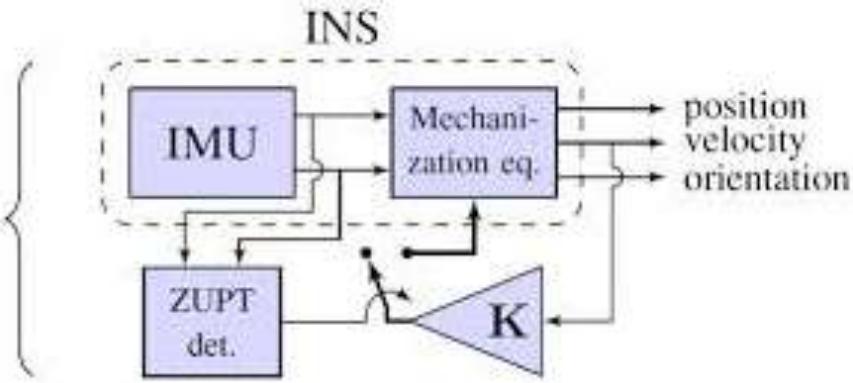


HiTarget

IMU/INS

SBG



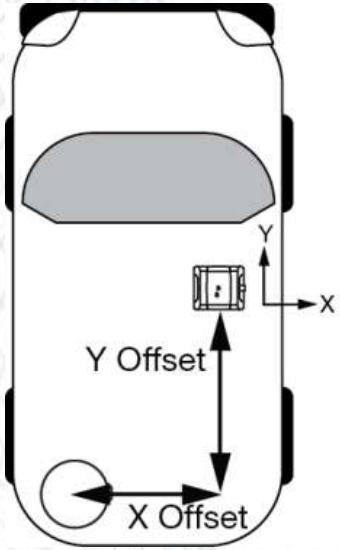


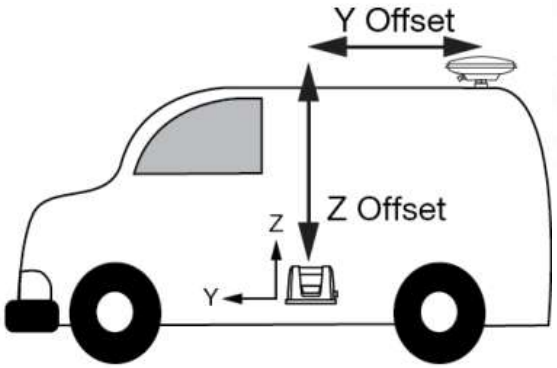
KVH GeoFOG

KVH GeoFOG Dual

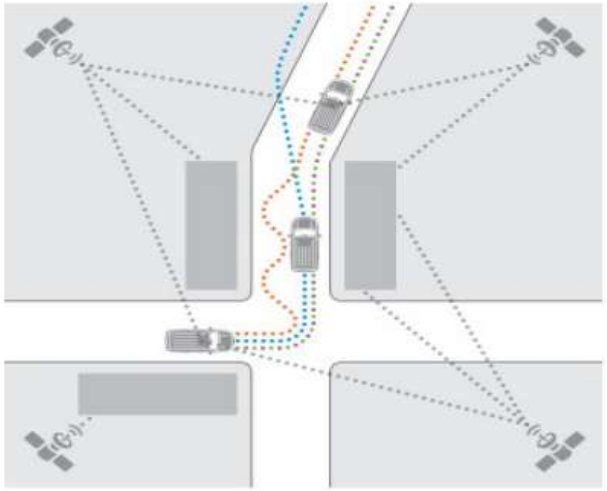
INS/GNSS

Konfiguracja SPAN





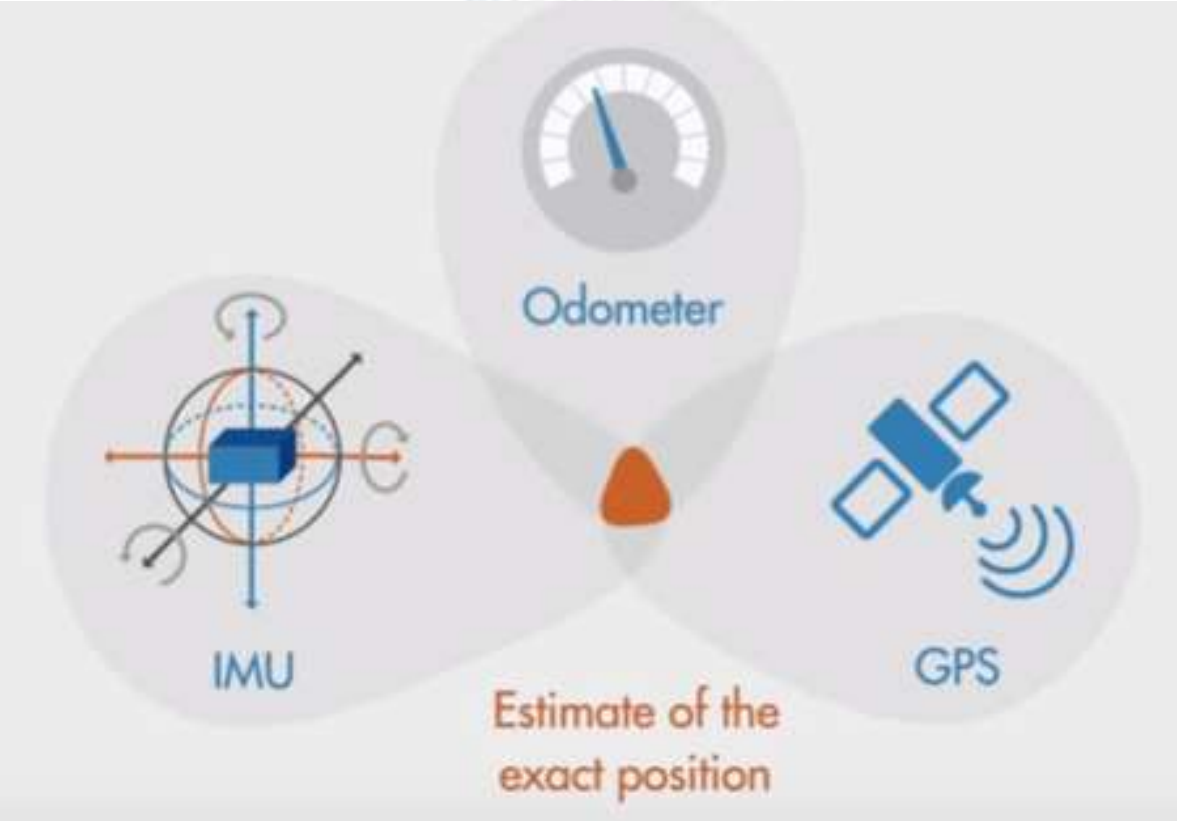
NovAtel SPAN GNSS+INS

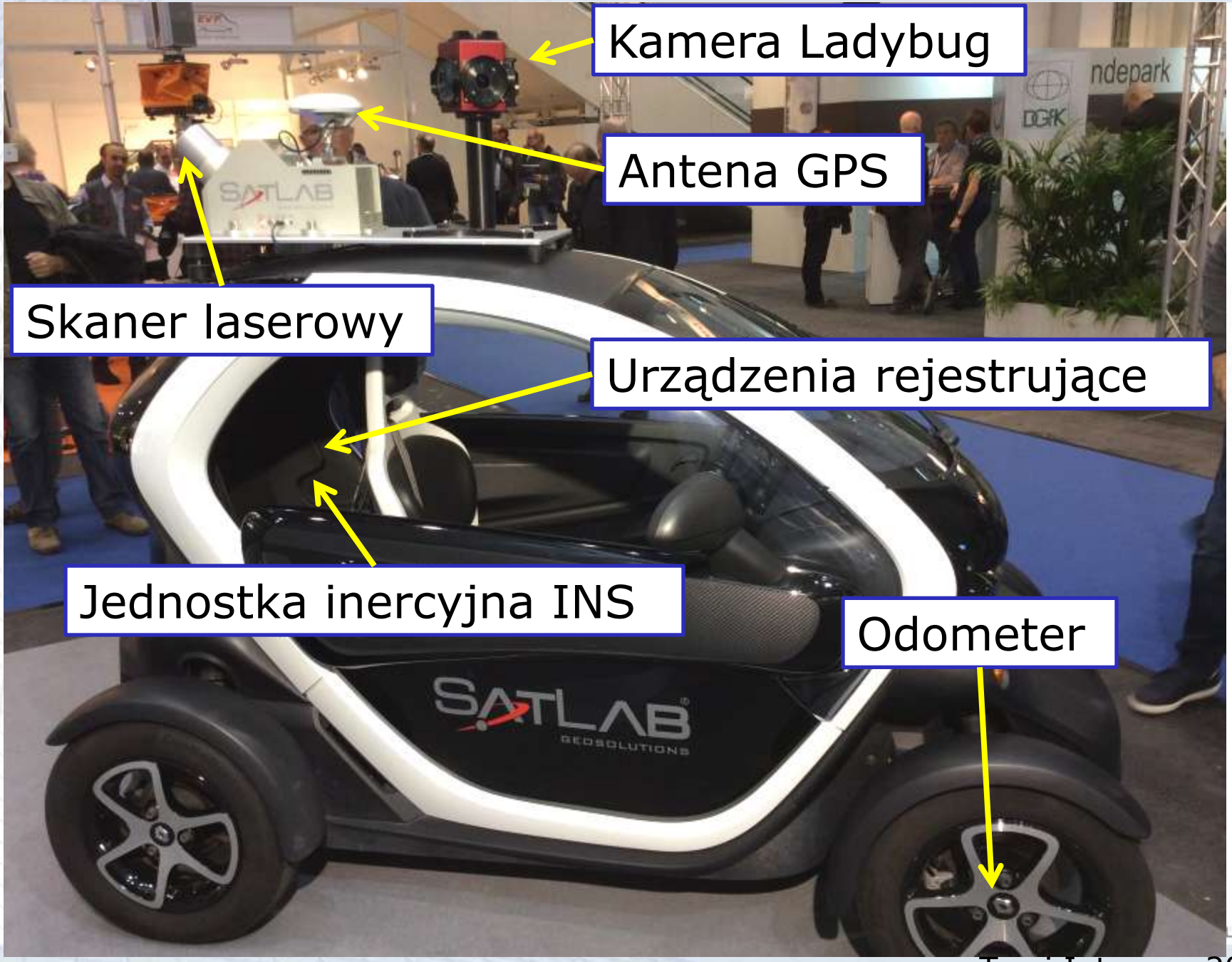


Ścisła integracja GNSS i IMU. INS pozwala na ciągłe pozycjonowanie ze stałą dokładnością RTK pomimo chwilowych zaników sygnały GNSS.

Postprocessing software

Filtr Kalmana





Targi Intergeo 2016

3. Mobilny system imersyjny

a) Kamera imersyjna
b) Kalibracja
c) Zastosowanie

Imersja

Circarama, 1956

„Zanurzenie w innej rzeczywistości”

Grau, 2003

„Intelektualne stymulowanie stanu świadomości widza lub oglądającego, który jest umieszczany w środku pokazywanych wydarzeń i ma możliwość interakcji z wyświetlonymi obiektami”

Grau, 2003

EXPO 2012

Urządzenia mobilnego systemu imersyjnego

Kamera imersyjna

Ladybug 3

GNSS

ProPak 6
firmy Novatel

2 anteny
GNSS 701

IMU

Novatel SPAN/A1

(brak skanera laserowego)

3. Mobilny system imersyjny

a) **Kamera imersyjna**
b) Kalibracja
c) Zastosowanie

Kamery imersyjne Ladybug

a) b) c)

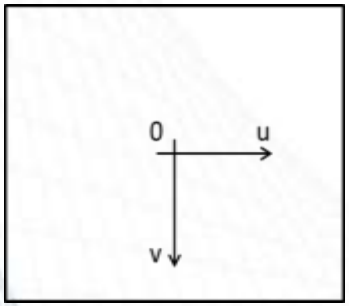
a) b)

d)

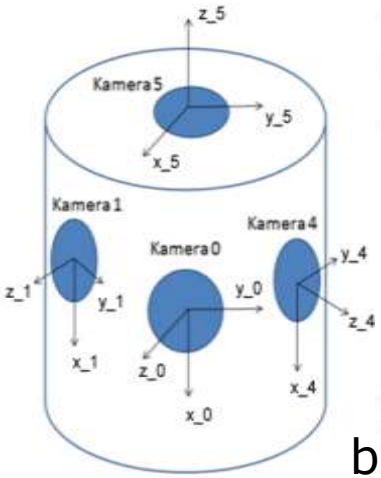
Kamery imersyjne:
a) Ladybug® 2;
b) Ladybug® 3;
c) Ladybug® 5
d) Ladybug® 5+

Obrazy wygenerowane przez kamerę Ladybug:
a) obraz surowy;
b) obraz zrektyfikowany.

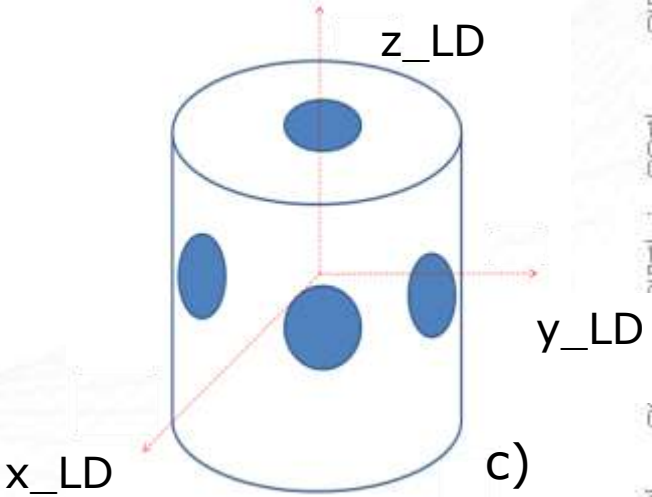
Geometria kamery Ladybug



a)



b)



c)

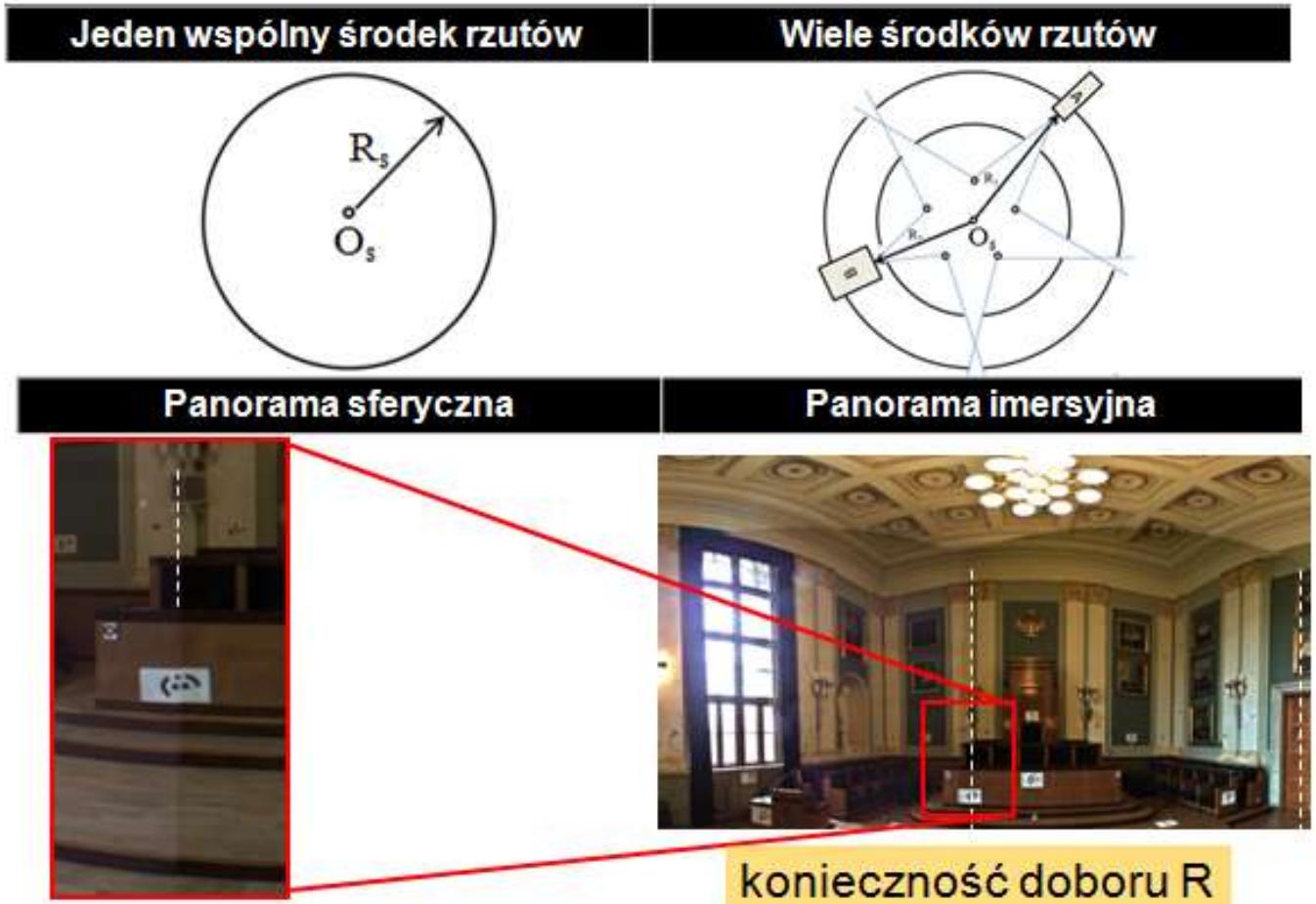
Układy współrzędnych w kamerze Ladybug:
a) układ 2D obrazu kamery składowej;
b) układy 3D kamer składowych;
c) układ kamery imersyjnej

Tworzone są panoramy imersyjne.

Panorama sferyczna i imersyjna

Panorama imersyjna - zobrazowanie dookólne, wielokierunkowe, pozyskiwane za pomocą różnych sensorów, dające „ułomną” panoramę sferyczną na skutek odsunięcia środków rzutów obrazów składowych.

Panorama sferyczna i imersyjna



Kamera imersyjna

Cechy kamer imersyjnych:

- przesunięcia środków rzutów kamer składowych
- rejestrują wideo
- możliwość wyboru promienia *R*

Kamera imersyjna – cyfrowa kamera dioptryczna rejestrująca 360° wideo, które nagrywane jest z kamer składowych o indywidualnych środkach rzutów

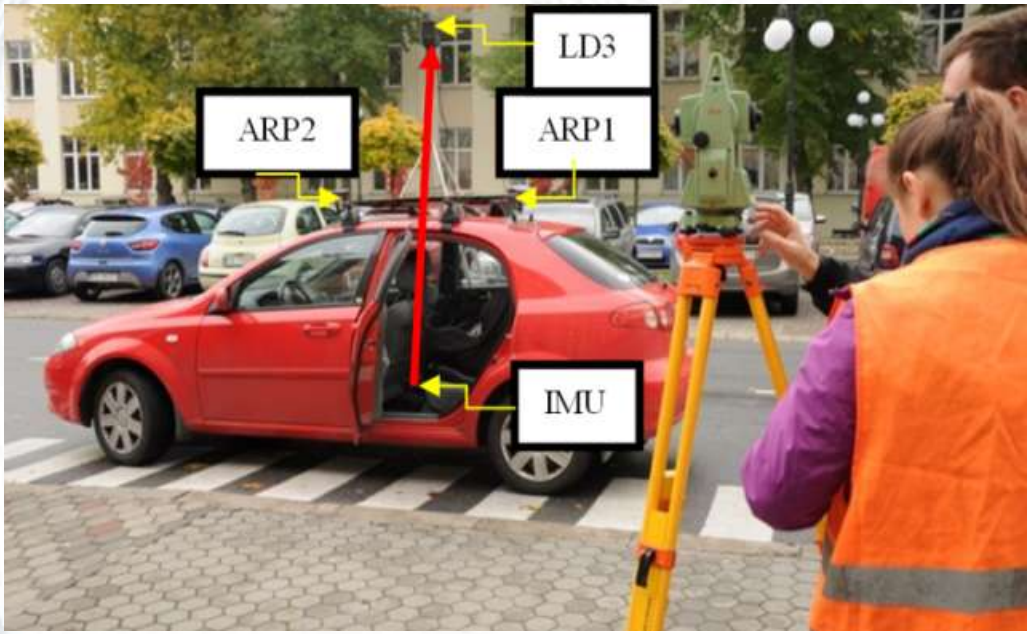
Kamery imersyjne

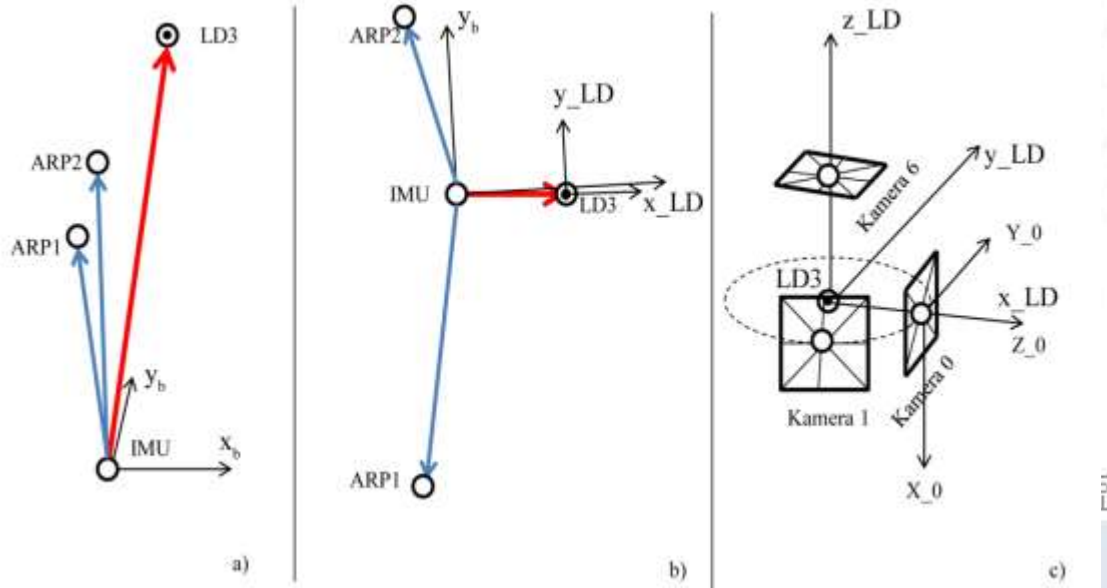
3. Mobilny system imersyjny

a) Kamera imersyjna
b) Kalibracja
c) Zastosowanie

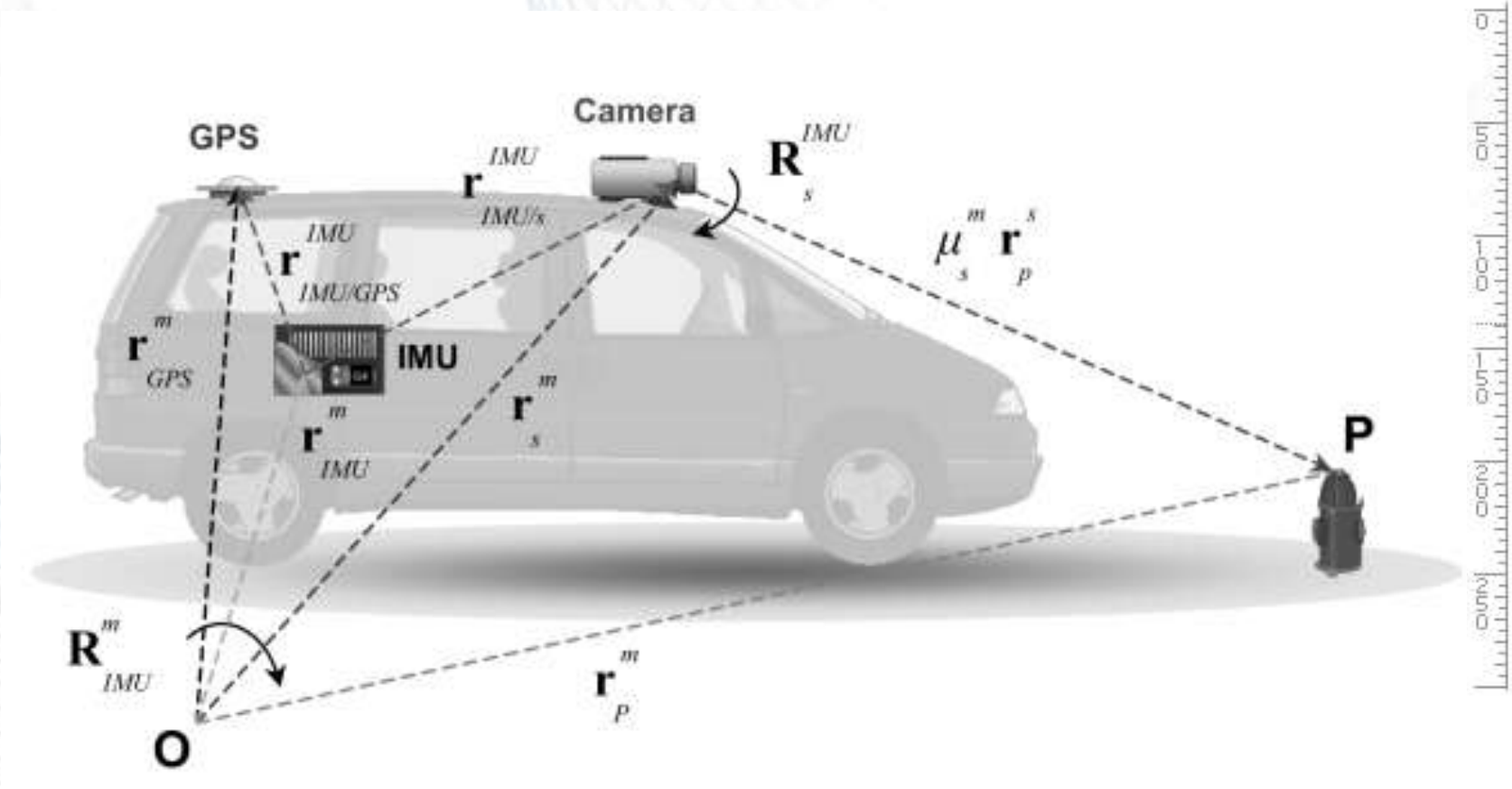
W procesie kalibracji określa się wzajemne położenie kamer i mimośrody względem systemu GPS/INS.

Kalibracja systemu



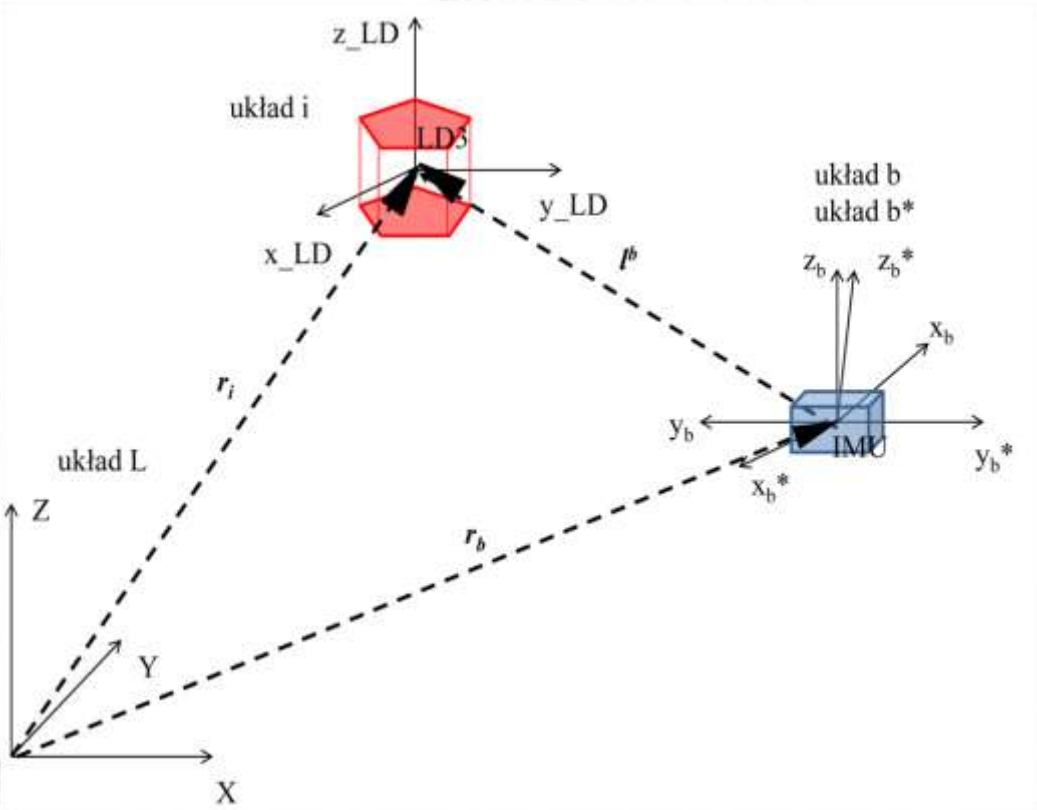


Kalibracja



Źródło:
http://info.asprs.org/publications/pers/2002journal/january/georef.pdf

Kalibracja systemu

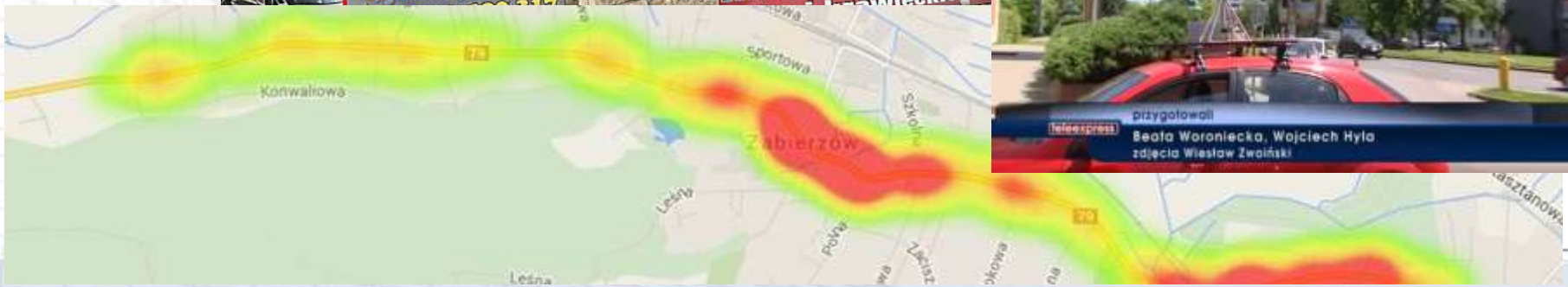


X,Y,Z – układ odniesienia (L)
x_b, y_b, z_b – układ jednostki INS
x_b*, y_b*, z_b* – układ o osiach równoległych do układu kamery imersyjnej zaczepiony w początku układu
współrzędnych jednostki INS
x_LD, y_LD, z_LD – układ kamery imersyjnej

3. Mobilny system imersyjny

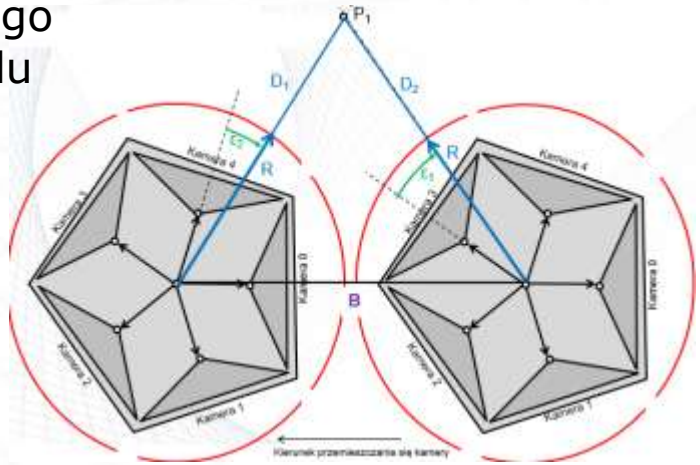
a) Kamera imersyjna
b) Kalibracja
c) Zastosowanie

Pomiar chaosu reklamowego



4. Fotogrametria imersyjna

a) Model sferyczny a model imersyjny
b) Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego
c) Dokładność geometrii modelu obrazowania



Fotogrametria imersyjna

- Wykorzystuje **model imersyjny**
- Opiera się na panoramach imersyjnych
- **Pomija przesunięcia środków rzutów** kamer składowych

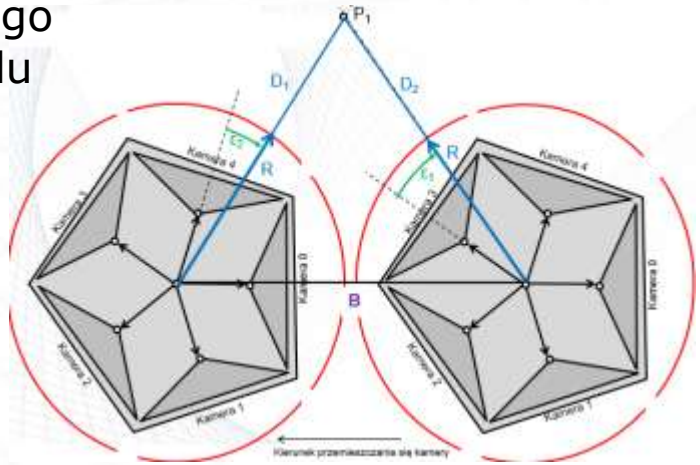
Model sferyczny

Model imersyjny

[Kwiatek, Tokarczyk 2015]

4. Fotogrametria imersyjna

a) **Model sferyczny a model imersyjny**
b) Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego
c) Dokładność geometrii modelu obrazowania

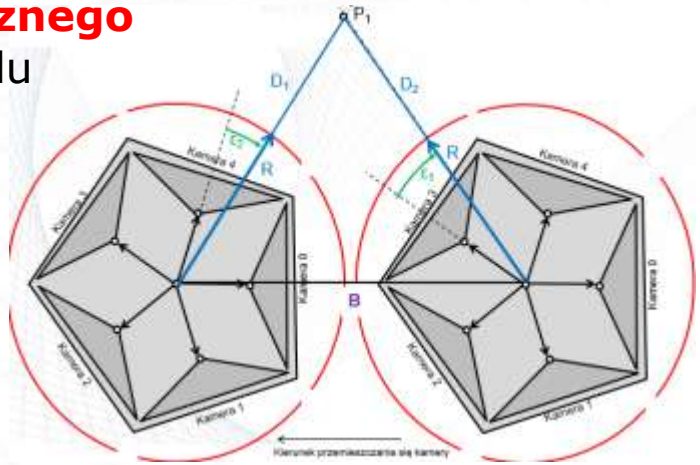


Model sferyczny a model imersyjny

Model sferyczny	Model imersyjny
•**jeden** środek rzutów •istnieją **programy** do pracy z panoramami sferycznymi •nie musi być znana **odległość** do fotografowanego obiektu •**błędy obrazowania** dotyczą głównie miejsc łączenia lub tworzenia obrazów sferycznych	•**przesunięcie środków rzutów** kamer składowych do jednego wspólnego środka rzutów •**brak oprogramowania** do obsługi panoram imersyjnych uwzględniających przesunięcie kamer składowych •**znajomość odległości** do obiektu pomaga w tworzeniu panoram imersyjnych i eliminowaniu błędów panoram •**błędy obrazowania modelu sferycznego są istotą tego modelu**

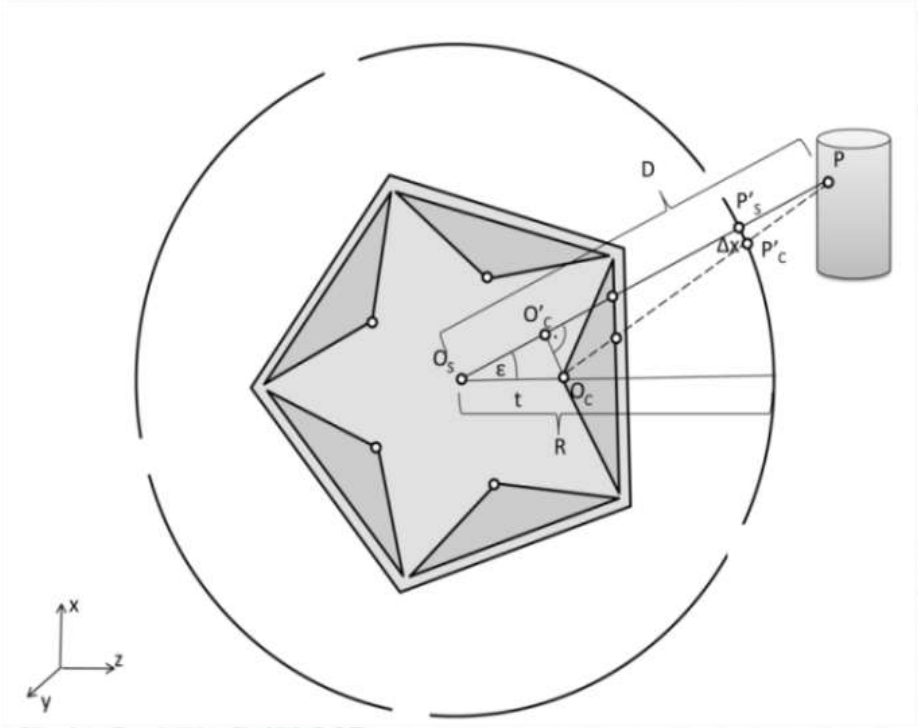
4. Fotogrametria imersyjna

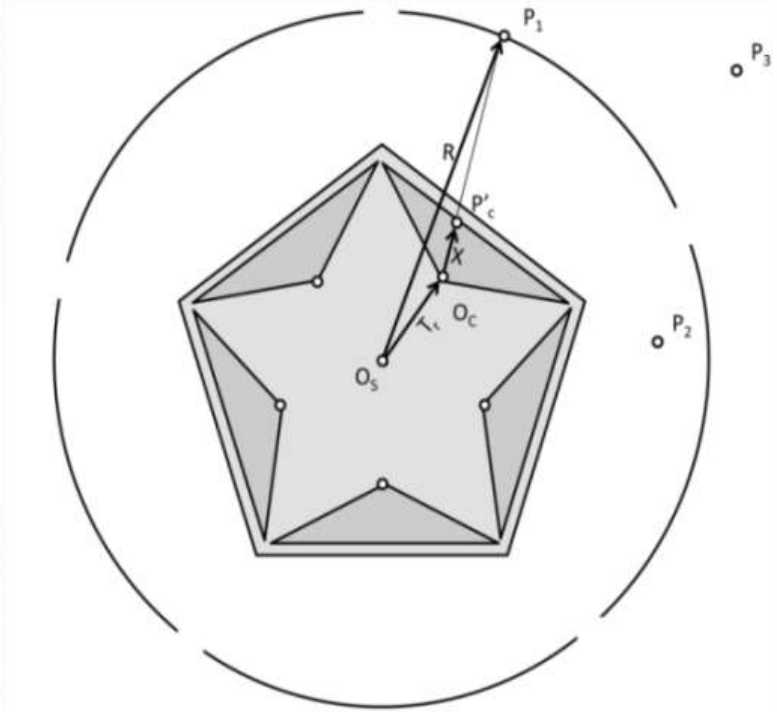
a) Model sferyczny a model imersyjny
b) Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego
c) Dokładność geometrii modelu obrazowania



Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego

1. Błąd paralaksy





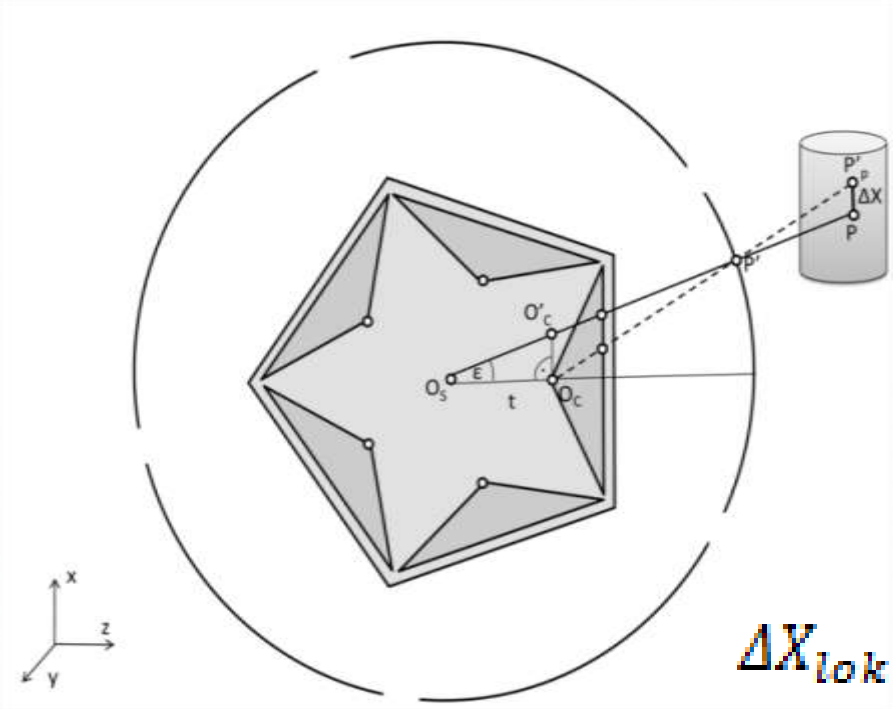
$$\Delta x = \frac{(D - R) \cdot t \cdot \sin \varepsilon}{D}$$

Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego

2. Błąd łączenia

Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego

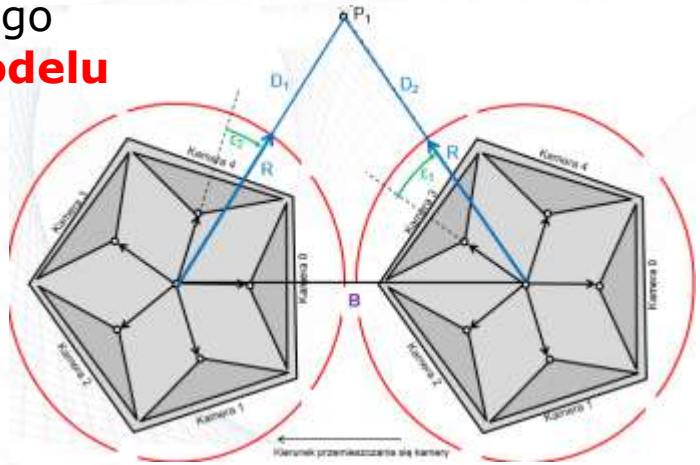
3. Błąd lokalizacji



$$\Delta X_{lok} = \frac{(D - R) \cdot t \cdot tg\,\varepsilon}{R}$$

4. Fotogrametria imersyjna

a) Model sferyczny a model imersyjny
b) Błędy modelu imersyjnego względem modelu sferycznego
c) Dokładność geometrii modelu obrazowania

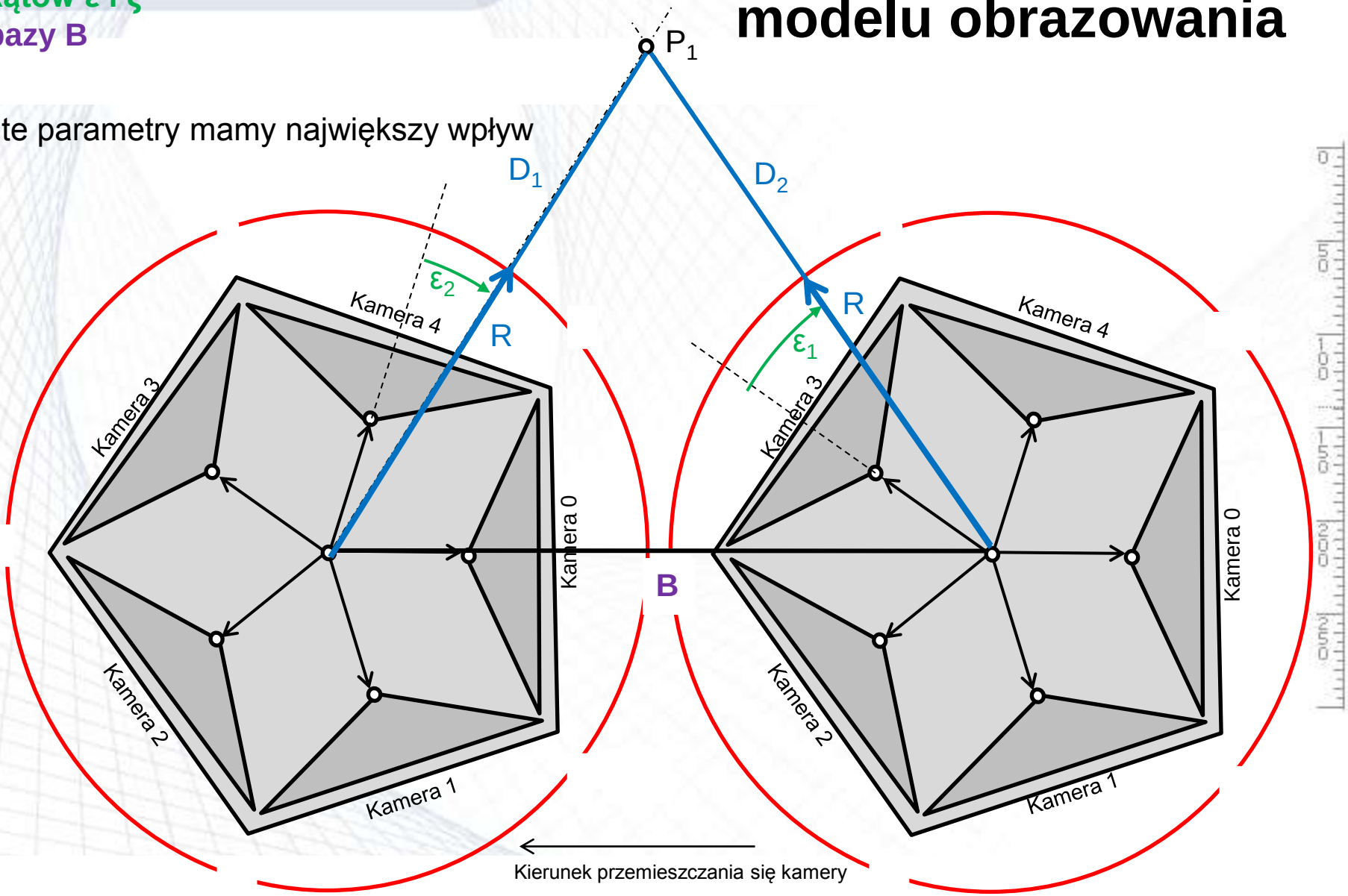


Dokładność geometrii modelu obrazowania

Dokładność zależy głównie od:

- ❖ **doboru R i D**
- ❖ **kątów ε i ξ**
- ❖ **bazy B**

Na te parametry mamy największy wpływ



[Kwiatek 2017]

5. Mobilny system do wnętrz

Indoor Mobile Mapping System

Indoor Mobile Mapping is the collection of the spatial attributes of interior spaces from a moving platform.

- Typically some combination of Lidar, camera, and positioning system

Built on proven mobile mapping technology applied to airborne, land, and marine mapping.

Kartowanie wnętrz (indoor mapping)

- Potrzeba:
  - Szybko zebrać dane z wnętrza (np. lotniska, szpitale, galerie handlowe) dla celów:
    - » inwentaryzacji
    - » zarządzania majątkiem
    - » sprawdzenie stanu obiektu
    - » architektonicznych/planowania remontów
    - » wizualizacji
- Wyzwanie:
  - statyczny pomiar może być kosztowny i nieefektywny dla dużych i skomplikowanych obiektów
  - pozyskiwanie danych, obróbka, modelowanie wyników pracy musi być wykonane w odpowiednim czasie, musi być opłacalne i wydajne
  - Obiekt może działać 24/7

Trimble Indoor Mobile Mapping System

- Panoramic Camera
  - 12 MP Ladybug3
- Lidar
  - FARO X130/X330, Trimble TX-5
- Inertial Navigation System
  - Fiber optic gyros
- Touchscreen User Interface
- Carbon Fiber Frame
  - 97 lbs total weight
- Li-Ion Batteries
- Removable SSD
- Instrumented Wheels

Trimble Indoor Mobile Mapping System

2cm

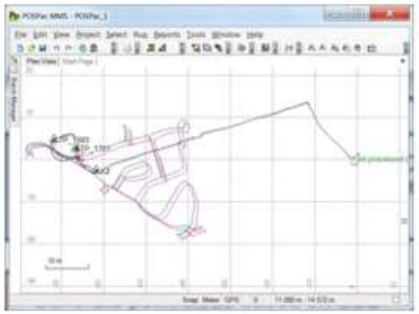
średnio 45 pokojów / dzień

opublikowanie danych
– następnego dnia

TIMMS postprocessing

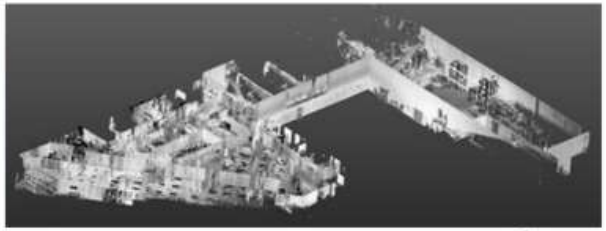
Compute Navigation

- Iterative process of IMU/DMI data in POSPac to refine tie-point locations and produce smoothed best estimate of trajectory (SBET)



Point Cloud Adjustment

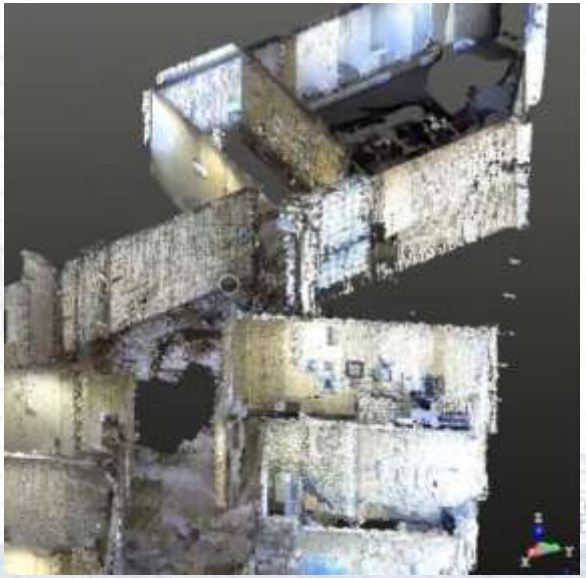
- Generate point cloud based on SBET
- Refine trajectory and point cloud based on matching planes/features

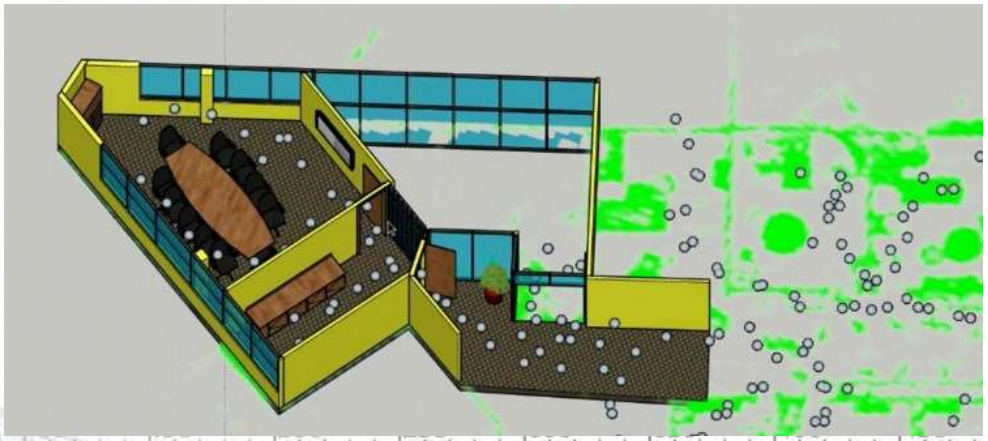


Output Deliverables

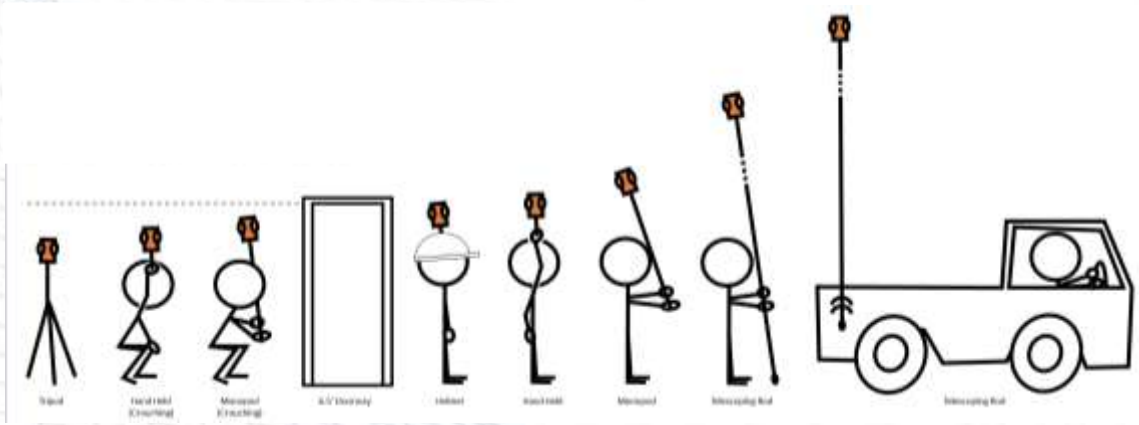
- Create 2D floor plans from horizontal slice of point cloud
- Export point cloud as LAS 1.3 at multiple resolutions
- Generate EO parameters for spherical imagery

TIMMS export



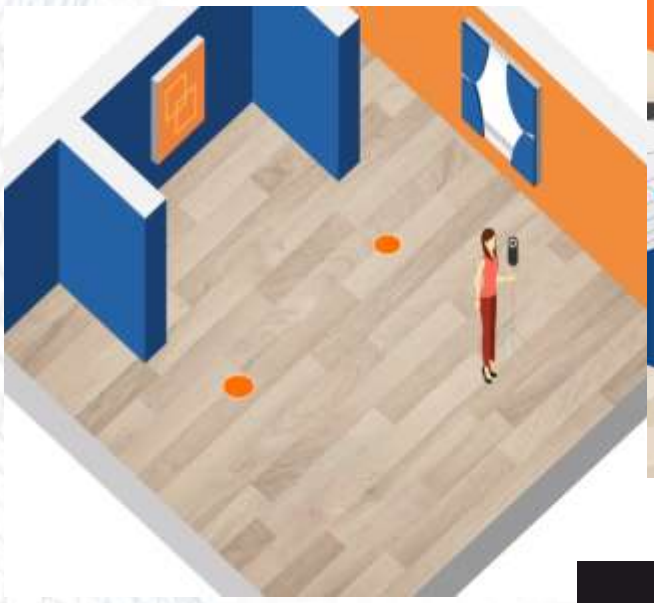


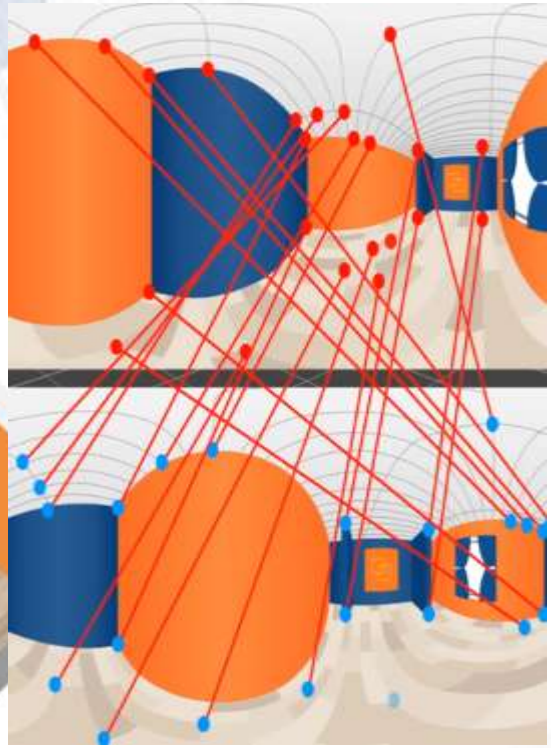
6. Mobilny system imersyjny do wnętrz

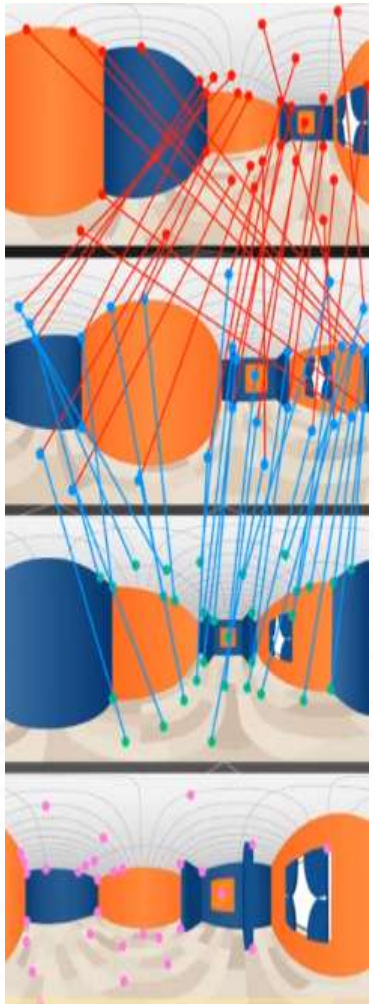


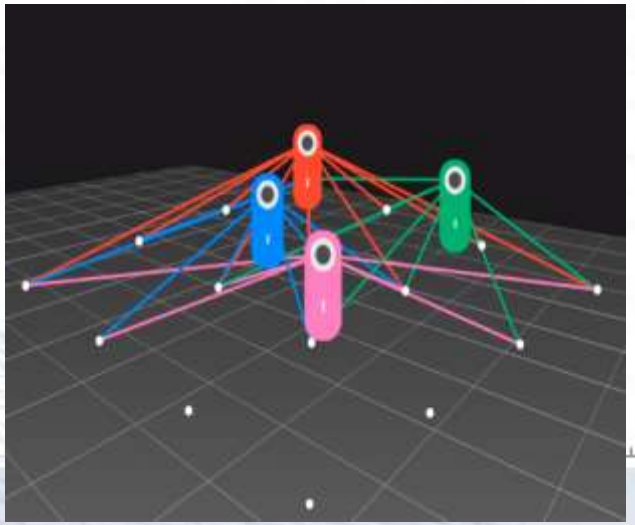
Matterport

Cupix

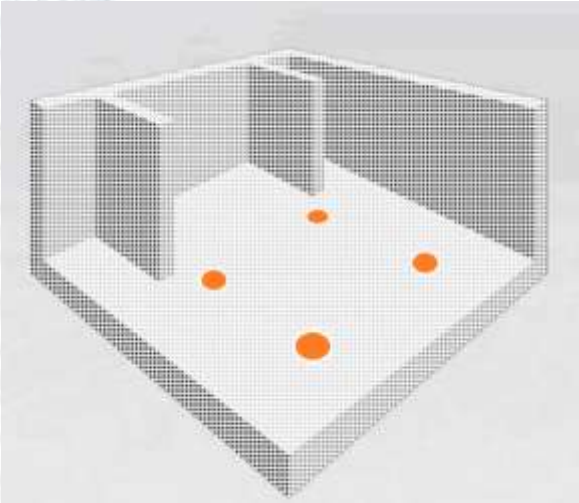


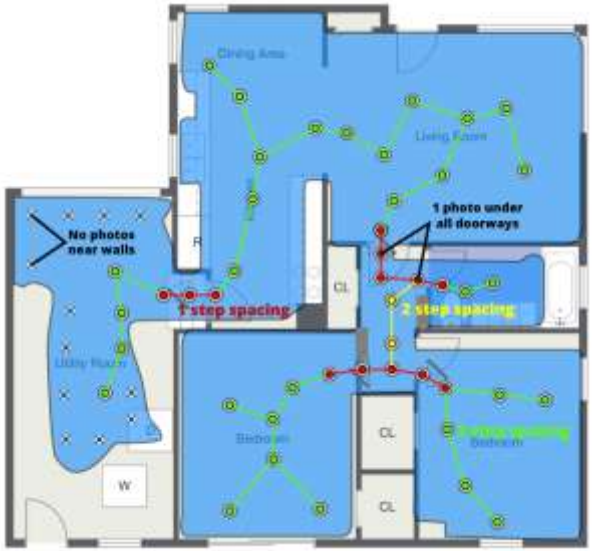


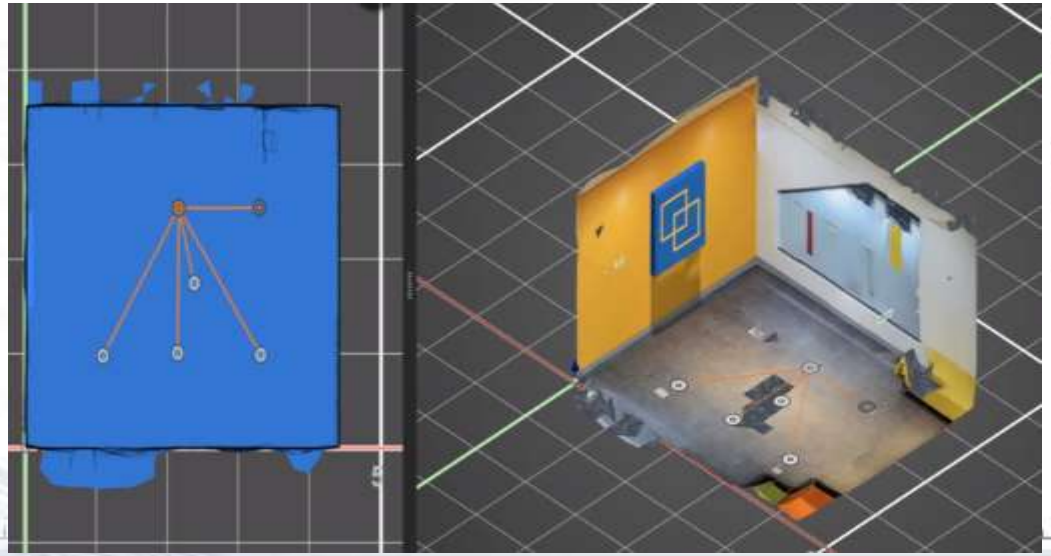




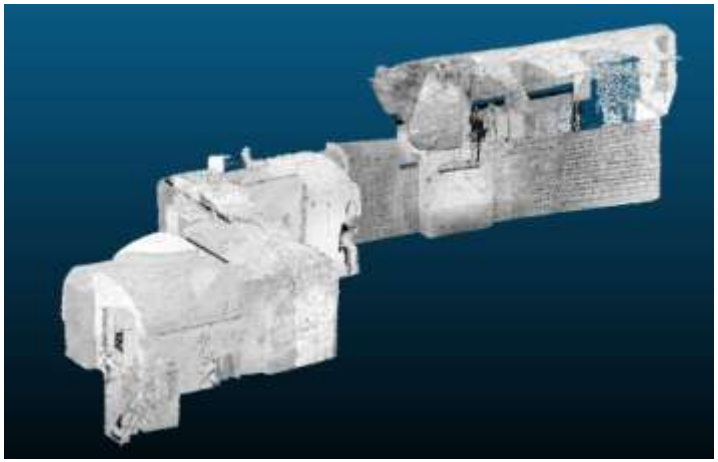
Cupix

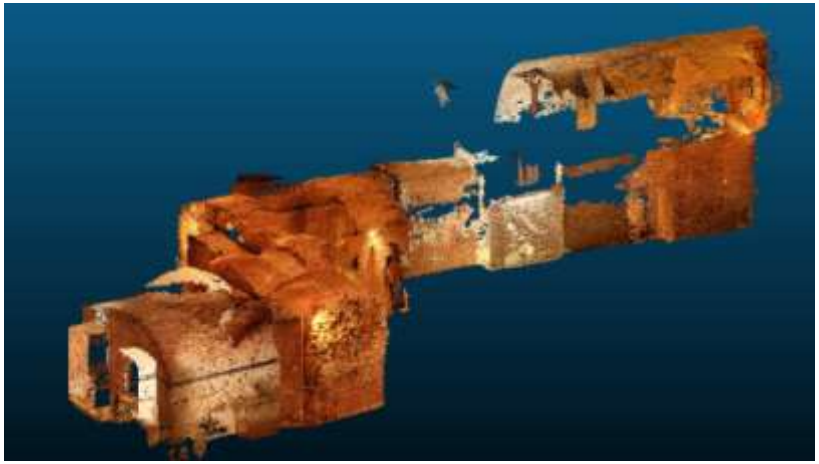


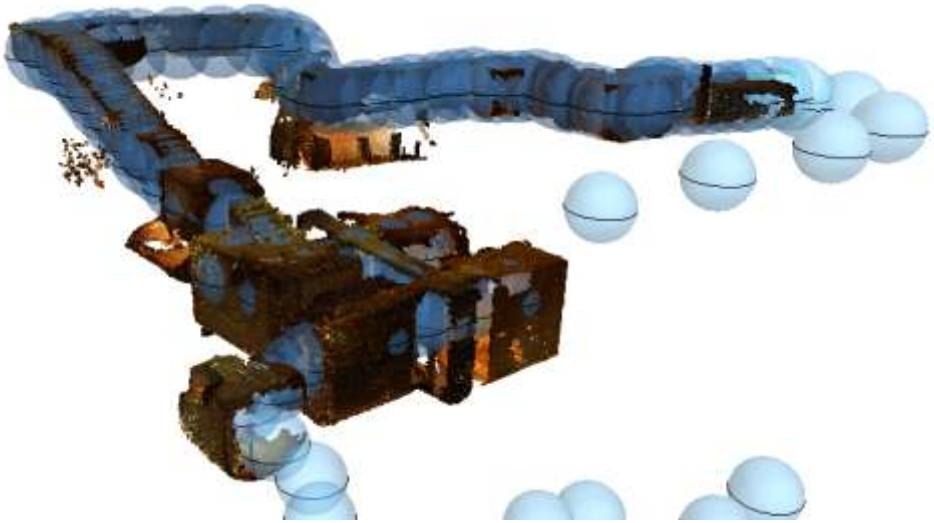

No photos near walls
1 photo under all doorways
1 step spacing
2 step spacing
CL
CL
CL
W

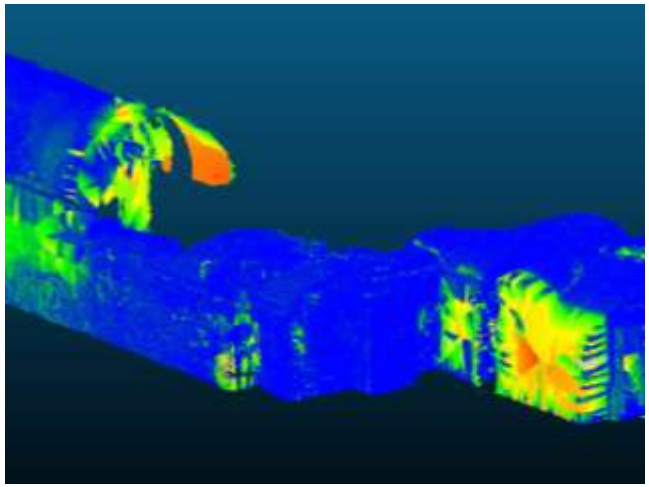


Podziemna Trasa Turystyczna w Rzeszowie









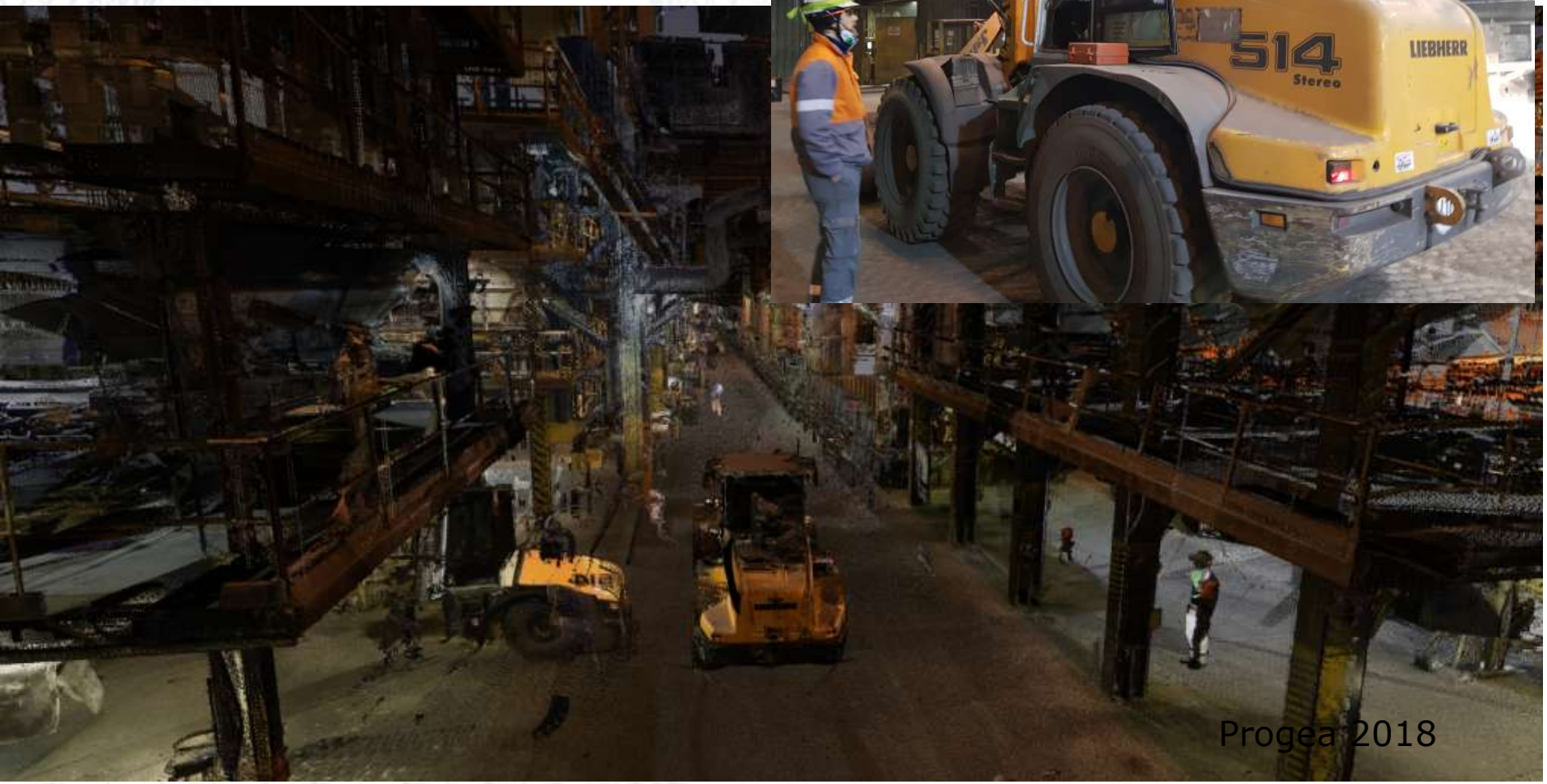
Stalownia w hucie

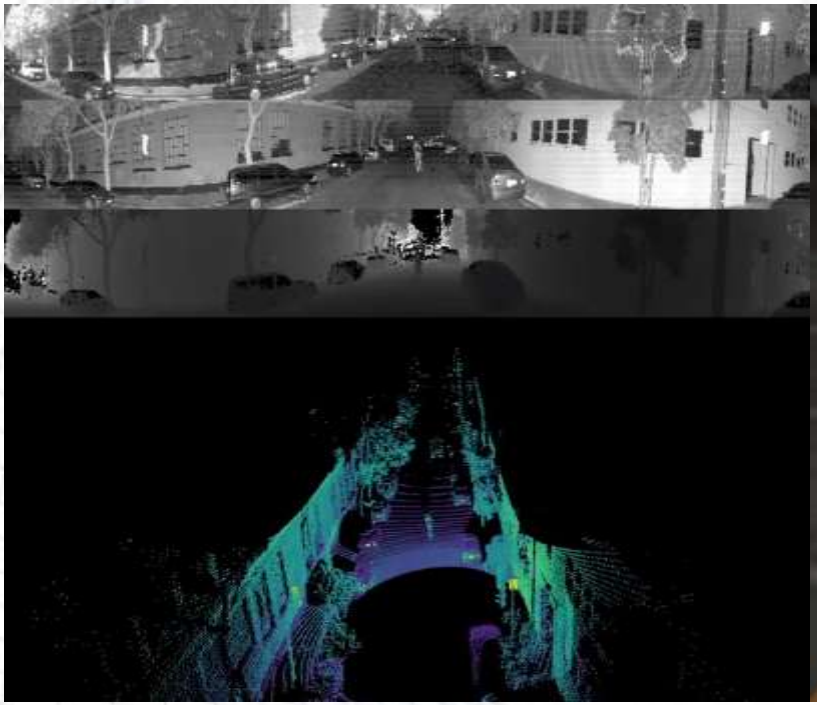
Stalownia w hucie

Widok z wnętrza ładowarki

360° video

Skaning laserowy





Ouster

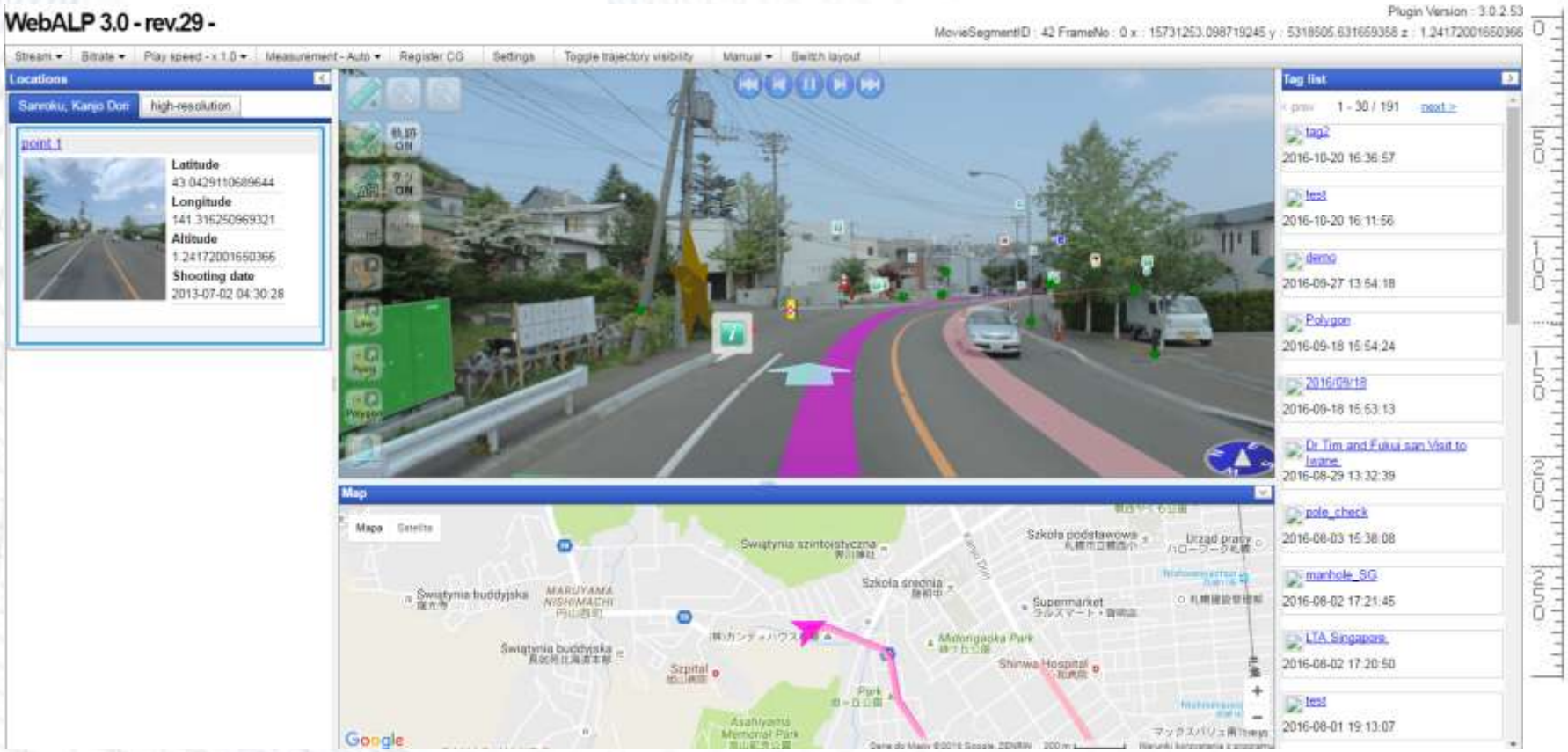
BlaxTair

7. Aplikacje do MMS

Funkcjonalność

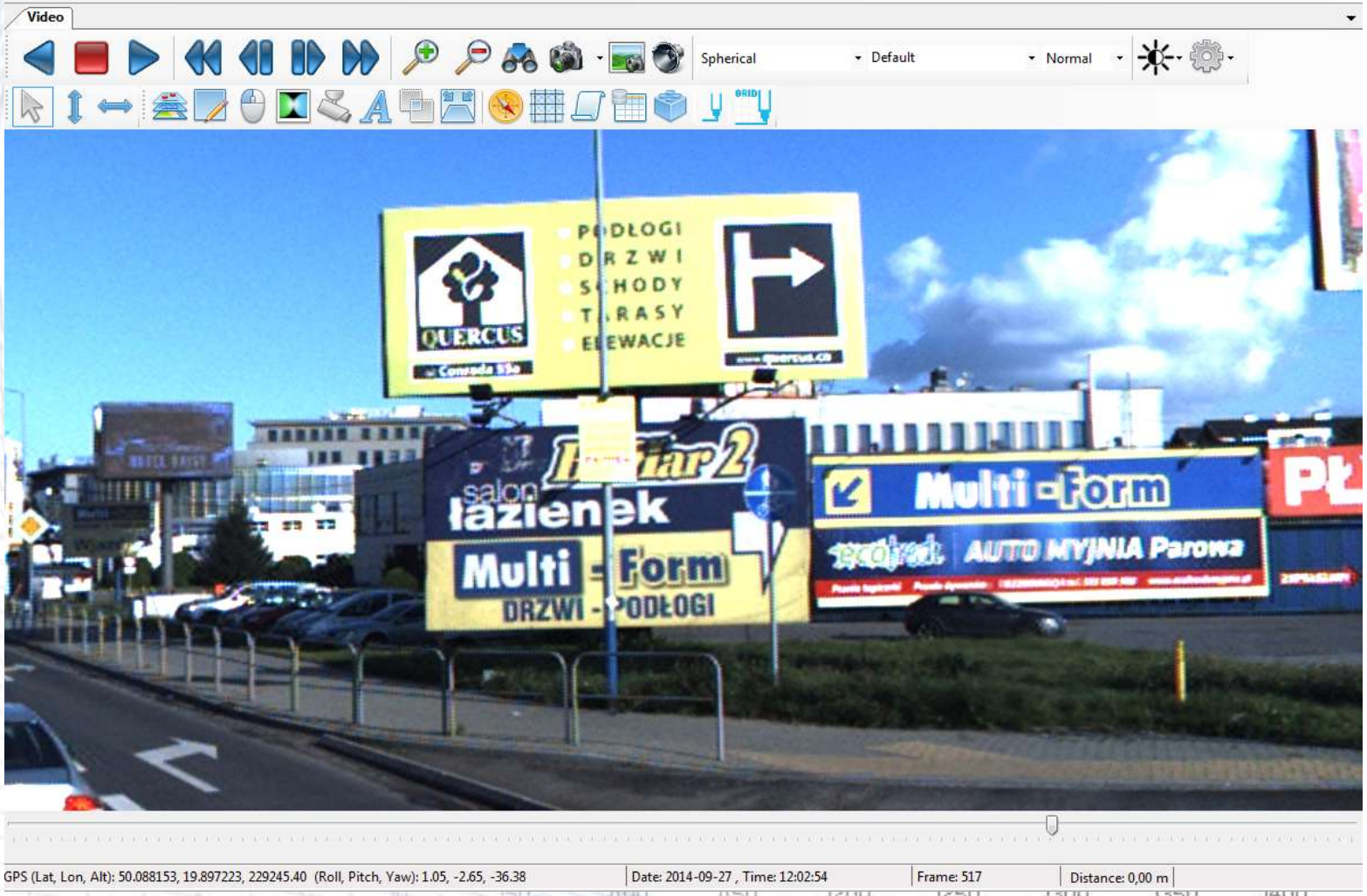
- Sprawdzanie kilka obrazów jednocześnie
- Porównywanie kilku stanów
- Pomiary liniowe
- Pomiary powierzchniowe
- Wyświetlanie warstw z GIS
- Pozyskiwanie współrzędnych XYZ poszczególnych elementów
- Kontrolowanie ekspozycji zarejestrowanych obrazów
- Wyswietlanie w innych aplikacjach <embed>

Iwane Labs (Japonia)



http://sns.iwanelab.com/mercury/webalp3.0/demo/index.html

Horus Movie Player



Horus WebPlayer

https://webplayer.horus.nu/

(demo, demo)

Orbit GT

Orbit’s 3dmapping.cloud

https://3dmapping.cloud/publication/UqftKR8bABexU4PnjGJ8

8. Nowości z MMS z targów Intergeo 2018

Riegl VMX-2HA

Horus

Siteco

Horus

Trimble MX9

Nebula LP (Południowa Korea)

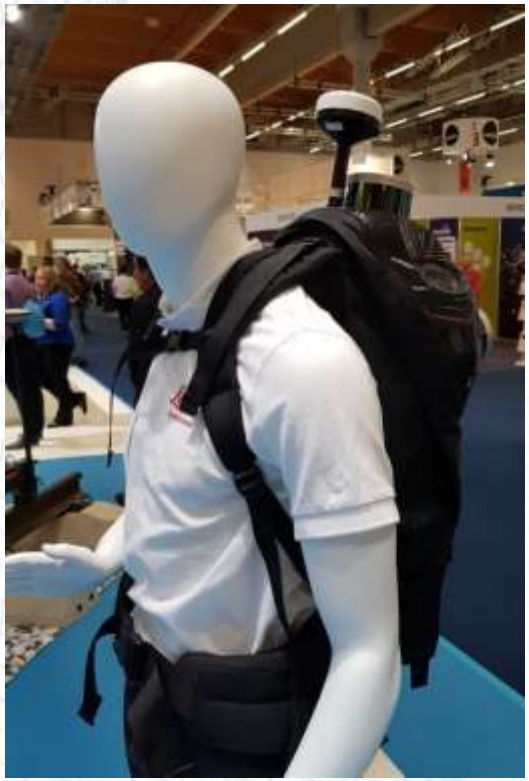
AGM-MS7 (Rosja)

Ginger (Indie)

CHCNAV Alpha 3D (Chiny)

Mitsubishi MMS-G220 (Japonia)

Plecaki



Leica

Vexcel

Gexcel

http://www2.isprs.org/commissions/comm1/wg7.html

Dziękuję za uwagę!

Karol.Kwiatek@gmail.com
www.fotogrametria.krakow.pl