



**Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji
Zarząd Główny Stowarzyszenia Geodetów Polskich
Katedra Geoinformatyki,
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji Politechniki
Koszalińskiej**

**XXI Ogólnopolskie Fotogrametryczne Sympozjum
Naukowe**

**„Aktualne wyzwania fotogrametrii, teledetekcji i
geoinformatyki”**

**Książka streszczeń
Book of Abstracts**

Koszalin-Mielno, 19-21 września 2018 r

ISBN 978-83-7365-493-8

Przewodniczący Uczelnianej Rady Wydawniczej
Zbigniew Danielewicz

www

<http://xxiptfit.tu.koszalin.pl/>

REDAKCJA ZESZYTU

Dr inż. Tomasz Kogut
Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej,
ul. Śniadeckich 2
75-453 Koszalin
e-mail: tomasz.kogut@tu.koszalin.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej

Koszalin 2018

WYDAWNICTWO UCZELNIANE POLITECHNIKI KOSZALIŃSKIEJ
75-620 Koszalin, ul. Raclawicka 15-17

Koszalin 2018, wyd. I, ark. Wyd. 6,35, format B-5, nakład 100 egz.
Druk: INTRO-DRUK, Koszalin

KOMITET NAUKOWY

| | |
|---|--|
| Prof. dr hab. inż. Aleksandra Bujakiewicz | Politechnika Koszalińska |
| Prof. dr hab. inż. Elżbieta Bielecka | Wojskowa Akademia Techniczna |
| Prof. dr hab. inż. Andrzej Borkowski | Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu |
| Prof. dr hab. Kazimierz Furmańczyk | Uniwersytet Szczeciński |
| Prof. dr hab. inż. Beata Hejmanowska | Akademia Górniczo-Hutnicza |
| Prof. dr hab. inż. Romuald Kaczyński | Wojskowa Akademia Techniczna |
| Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kresse | Politechnika Koszalińska/ Hochschule Neubrandenburg |
| Prof. dr hab. inż. Zdzisław Kurczyński | Politechnika Warszawska |
| Prof. dr hab. inż. Krystian Pyka | Akademia Górniczo-Hutnicza |
| Dr hab. inż. Ireneusz Ewiak, prof. WAT | Wojskowa Akademia Techniczna |
| Dr hab. inż. Marek Mróz, prof. UWM | Uniwersytet Warmińsko-Mazurski |
| Dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak | Politechnika Warszawska |
| Dr hab. inż. Piotr Sawicki, prof. UWM | Uniwersytet Warmińsko-Mazurski |
| Dr hab. inż. Dorota Zawieska, prof. PW | Politechnika Warszawska |

KOMITET ORGANIZACYJNY

| | |
|---|--|
| Prof. dr hab. inż. Aleksandra Bujakiewicz | Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej, Kierownik Katedry |
| Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kresse | Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej/ Hochschule Neubrandenburg |
| Dr inż. Tomasz Kogut | Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej |
| Dr inż. Tomasz Oberski | Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej |
| Mgr Zofia Szczepaniak-Kołtun | Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej |
| Inż. Andrzej Serbiński | Katedra Geoinformatyki Politechniki Koszalińskiej |
| Anna Jarmułowicz | Zarząd Główny Stowarzyszenia Geodetów Polskich |

SPIS TERŚCI

Bartłomiej Bęgiak, Magdalena Dudek, Katarzyna Zapalska

Porównanie sensorów ADS100 & DMCIII w świetle programu Hexagon Imagery (HXIP) 17

Małgorzata Błaszczuk, Leszek Kolondra, Leo Decaux, Mariusz Grabiec, Dariusz Ignatiuk, Jacek Jania, Michał Laska, Barbara Barzycka, Mateusz Czapla, Bartłomiej Luks

Ocena dokładności numerycznego modelu terenu wykonanego na podstawie wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych na obszarze południowego Spitsbergenu 21

Andrzej Borkowski, Maya Ilieva, Kamila Pawluszek, Grzegorz Józków, Agata Walicka, Witold Rohm

Projekt EPOS-PL: monitorowanie deformacji powierzchni terenu z wykorzystaniem technik fotogrametrycznych i teledetekcyjnych 23

Paweł Ćwiąkała, Witold Niewiem, Krystian Pyka, Paweł Wiącek,

Koncepcja, założenie pola testowego dla UAV oraz pierwsze doświadczenia 26

Agnieszka Czajka, Zofia Szczepaniak-Kołodziej

Zastosowanie analiz przestrzennych w zarządzaniu przestrzenią wybranych gmin uzdrowiskowych 28

Rafał Drzewicki, Aleksandra Bujakiewicz

Ocena dokładności modelu budynku z bardzo gęstej chmury punktów pozyskanej z integracji zdjęć o różnej geometrii 30

Ireneusz Ewiak, Anna Schismak, Katarzyna Siok, Agnieszka Jenerowicz

Metodyka cyfrowego przetwarzania archiwalnych zdjęć lotniczych w aspekcie zwiększenia ich walorów fotointerpretacyjnych 34

Ireneusz Ewiak, Katarzyna Siok

Symulacja kanałów spektralnych archiwalnych panchromatycznych zdjęć lotniczych w kontekście ich orientacji przestrzennej 37

Aleksandra Flitta, Wolfgang Kresse

Geoportal parków Lenne w Polsce z wykorzystaniem nowych technologii 40

| | |
|--|----|
| <i>Anna Fryškowska, Damian Wierzbicki, Aleksandra Grochala, Michał Kędzierski</i> | |
| Analiza porównawcza chmur punktów pozyskanych z systemów fotogrametrycznych zamontowanych na bezzałogowych platformach lotniczych w kontekście modelowania 3D budynków | 42 |
| <i>Grzegorz Gabara, Piotr Sawicki</i> | |
| Fotogrametryczna platforma Open Source GRAPHOS – badanie użyteczności, wydajności i funkcjonalności | 45 |
| <i>Piotr Gołuch, Kazimierz Ćmielewski, Janusz Kuchmister</i> | |
| Ocena możliwości zastosowania kamery semi-metrycznej i niwelatora w pomiarach wysokościowych na obiektach inżynierskich | 47 |
| <i>Aleksandra Grochala, Damian Wierzbicki, Michał Kędzierski, Anna Fryškowska</i> | 49 |
| Detekcja zmian na wyostrzonych zobrazowaniach satelitarnych | |
| <i>Edyta Hadaś, Grzegorz Józków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski</i> | |
| Określenie wysokości drzew uprawnych na podstawie danych skaningu laserowego pozyskanych bezzałogowym statkiem latającym | 52 |
| <i>Beata Hejmanowska, Mariusz Twardowski, Agnieszka Struś, Kornelia Moskal</i> | 54 |
| Udostępnianie modeli 4D w Internecie w ramach projektu CHT2 | |
| <i>Maya Ilieva, Kamila Pawluszek, Andrzej Kowalski, Piotr Gruchlik, Piotr Polanin, Andrzej Borkowski, Witold Rohm</i> | |
| Monitorowanie deformacji powierzchni terenu spowodowanych aktywnością górniczą na obszarze Górnego Śląska z wykorzystaniem interferometrii SAR | 56 |
| <i>Agnieszka Jenerowicz, Romuald Kaczyński, Agata Orych, Olga Kolatorowicz</i> | 58 |
| Fuzja danych z misji Sentinel do rozróżniania wybranych upraw rolnych | |
| <i>Grzegorz Józków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski</i> | |
| Detekcja deformacji powierzchni terenu na podstawie modeli różnicowych utworzonych z danych lotniczego skaningu laserowego oraz danych pozyskanych przez bezzałogowy system latający | 62 |
| <i>Krzysztof Karwacki</i> | |
| Monitoring osuwisk na podstawie fotogrametrii niskiego pułapu | 64 |
| <i>Krzysztof Karwacki, Zbigniew Perski</i> | |

| | |
|--|----|
| Badanie deformacji terenu metodą fotogrametryczną na przykładzie osuwiska w Milówce | 66 |
| <i>Tomasz Kogut, Marlena Weistock</i> | |
| Klasyfikacja danych z lotniczego skaningu batymetrycznego algorytmem Random Forest | 68 |
| <i>Piotr Kramarczyk, Beata Hejmanowska, Ewa Głowienka</i> | |
| Korekcja atmosferyczna obrazów satelitarnych Landsat i Sentinel 2 – porównanie wybranych narzędzi | 70 |
| <i>Grzegorz Krok, Piotr Wężyk</i> | |
| Określanie cech i parametrów drzewostanów na podstawie statystyk chmur punktów z dopasowania cyfrowych zdjęć BSP oraz lotniczego skanowania laserowego | 72 |
| <i>Zdzisław Kurczyński, Mateusz Bielecki</i> | |
| Konwolucyjne sieci neuronowe w rozpoznawaniu obiektów na danych lotniczych | 73 |
| <i>Karol Kwiatek, Regina Tokarczyk</i> | |
| Zastosowanie kamery immersyjnej w mobilnym systemie kartowania 3D | 75 |
| <i>Jakub Markiewicz</i> | |
| Wykorzystanie sportowych kamer Xiaomi w inwentaryzacji obiektów dziedzictwa kultury | 77 |
| <i>Sławomir Mikrut, Agnieszka Struś, Ewa Głowienka</i> | |
| Metody wykrywania linii energetycznych na obrazach fotogrametrycznych | 81 |
| <i>Magdalena Mleczo, Marek Mróz, Przemysław Slesiński, Ilona Pawłowska, Damian Rembalski</i> | |
| Wykorzystanie danych satelitarnych Sentinel-1/2 w monitoringu upraw rolniczych na potrzeby Głównego Urzędu Statystycznego | 83 |
| <i>Marek Mróz, Przemysław Slesiński, Magdalena Mleczo, Tadeusz Sadowski</i> | |
| Zastosowanie metod fotogrametrii i teledetekcji VNIR z platformy UAS w obserwacjach rezultatów wieloletnich polowych doświadczeń rolniczych: przykład ZPD Bałecyny | 85 |

| | |
|---|-----|
| <i>Tomasz Oberski</i> | |
| Optymalizacja parametru skali Wskaźnika Pozycji Topograficznej | 87 |
| <i>Agata Orych, Agnieszka Jenerowicz, Piotr Walczykowski, Maciej Rosłoń</i> | |
| Wpływ kontrastu termicznego celu kalibracyjnego na dokładność wyznaczania GRD sensora termowizyjnego | 89 |
| <i>Wojciech Ostrowski, Łukasz Miszk, Weronika Winiarska</i> | |
| Badania wykopaliskowe w 3D. Fotogrametria w prowadzeniu bieżącej dokumentacji archeologicznej na podstawie doświadczeń Paphos Agora Project | 91 |
| <i>Kamila Pawluszek, Raphael Knevels, Andrzej Borkowski, Alexander Brenning</i> | |
| Identyfikacja osuwisk z wykorzystaniem produktów pochodnych LiDAR- NMT. Porównanie klasyfikacji per piksel i obiektowej | 93 |
| <i>Zbigniew Perski, Tomasz Wojciechowski, Maria Przyłucka, Zbigniew Kowalski, Petar Marinkovic</i> | |
| Geodynamiczna aktywność pasa wysadów solnych w Polsce w świetle analizy danych satelitarnej interferometrii radarowej | 95 |
| <i>Magdalena Pilarska</i> | |
| Intensywność z dwukanałowego skaningu lotniczego jako źródło informacji radiometrycznej | 97 |
| <i>Katarzyna Siok, Ireneusz Ewiak, Agnieszka Jenerowicz, Anna Schismak</i> | |
| Zastosowanie symulacji kanałów spektralnych w interpretacji zdjęć lotniczych | 99 |
| <i>Marcin Starzyk, Piotr Wężyk</i> | |
| Przemiany drzewostanu w Rezerwacie Lipówka (Puszcza Niepołomska) w oparciu o chmury punktów TLS z lat 2006 oraz 2016 | 103 |
| <i>Krzysztof Stereńczak, Stanisław Miścicki, Łukasz Jelowicki, Karolina Parkitna, Grzegorz Krok, Piotr Rysiak, Krzysztof Mitelsztedt, Marek Lisańczuk, Martyna Wietecha, Piotr Mroczek, Michał Laszkowski, Anna Markiewicz</i> | |
| Określanie wybranych cech taksacyjnych drzewostanów z wykorzystaniem danych lotniczego skanowania laserowego | 104 |

Krzysztof Stereńczak, Miłosz Mielcarek, Bartłomiej Kraszewski, Maciej Lisiewicz, Renata Wilkowska, Agnieszka Kamińska, Aneta Modzelewska, Małgorzata Białczak, Żaneta Piasecka, Rafał Sadkowski

Monitorowanie rozwoju gradacji kornika drukarza w Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem wieloczasowych danych teledetekcyjnych 107

Zofia Szczepaniak-Koltun

Generowanie linii ściekowych z zastosowaniem wybranych obiektów BDOT500 111

Marta Szostak, Adrian Bednarski, Piotr Wężyk

Monitorowanie dynamiki przemian klas użytkowania terenu w gminie Milicz w oparciu o analizy chmur punktów lotniczego skanowania laserowego z lat 2007-2012-2015 w aspekcie procesu sukcesji leśnej 113

Marta Szostak, Kacper Knapik, Justyna Likus-Cieślik, Paweł Hawryło, Marcin Pietrzykowski

Zastosowanie zobrażeń satelitarnych Sentinel-2 dla monitorowania zasięgu zbiorowisk roślinnych krzewów i drzew w obszarach rekultywowanych 115

Paweł Tysiąc

Inwentaryzacja portów morskich za pomocą mobilnego systemu skanującego 117

Beata Weintrit, Marcin Jędryka, Wojciech Bijak

Integracja wieloźródłowych danych przestrzennych w systemie SAFEDAM 119

Piotr Wężyk, P. Hawryło, K. Zięba - Kulawik; M. Szostak

Technologie skanowania laserowego w ochronie czynnej borów chrobotkowych w Parku Narodowym Bory Tucholskie 121

Piotr Wężyk, Artur Warchoń, Karolina Zięba-Kulawik, Ewelina Lara, Monika Szparadowska

Wykorzystanie chmur punktów LiDAR oraz pochodzących z procesu dopasowania zdjęć lotniczych w procesie opracowania i aktualizacji modeli budynków 3D dla potrzeb BIM 122

Damian Wierzbiński, Anna Fryśkowska, Michał Kędzierski, Aleksandra Grochala

Analiza porównawcza właściwości chmur punktów otrzymanych na podstawie obrazów pozyskanych z niskiego pułapu oraz lotniczego skaningu laserowego 125

Tomasz Wojciechowski, Zbigniew Perski, Piotr Nescieruk

Integracja pomiarów zdalnych, powierzchniowych i wglębnych
w monitorowaniu aktywności osuwisk **119**

A. Zarnowski, E. Levin, R.Shults

Wybrane aspekty integracji i wizualizacji danych 4D-GIS i 3D-BIM **131**

Dorota Zawieska, Jakub Markiewicz, Michał Łuba

Makrofotogrametria w inwentaryzacji zabytkowych rytów w Zamku
Królewskim **133**

***Dagmara Zelaya Wziętek, Edmund Sieński, Andrzej Balcerzak, Maciej
Wrzesiński, Tomasz Ryfa, Krzysztof Bakula, Beata Weintrit, Zdzisław
Kurczyński***

Zastosowanie fotogrametrii i teledetekcji w monitoringu wałów
przeciwpowodziowych - projekt SAFEDAM **135**

CONTENTS

| | |
|--|----|
| <i>Bartłomiej Bęgiak, Magdalena Dudek, Katarzyna Zapalska</i> | |
| Comparison of ADS100 & DMCIII sensors in the light of Hexagon imagery program (HxIP) | 19 |
| <i>Małgorzata Błaszczuk, Leszek Kolondra, Leo Decaux, Mariusz Grabiec, Dariusz Ignatiuk, Jacek Jania, Michał Laska, Barbara Barzycka, Mateusz Czapla, Bartłomiej Luks</i> | |
| Accuracy assessment of digital elevation model produced from very high resolution images over southern Spitsbergen | 22 |
| <i>Andrzej Borkowski, Maya Ilieva, Kamila Pawluszek, Grzegorz Józków, Agata Walicka, Witold Rohm</i> | |
| Project EPOS-PL: Terrain deformation monitoring using photogrammetric and remote sensing techniques | 25 |
| <i>Paweł Ćwiągala, Witold Niewiem, Krystian Pyka, Paweł Wiącek,</i> | |
| Concept, Creating the test field for UAV and first experiences | 27 |
| <i>Agnieszka Czajka, Zofia Szczepaniak-Koltun</i> | |
| Application of spatial analysis in the management of space of selected spherical communities | 29 |
| <i>Rafał Drzewicki, Aleksandra Bujakiewicz</i> | |
| Accuracy assessment of the building model from a high dense points cloud acquired from the integration of different geometry images | 32 |
| <i>Ireneusz Ewiak, Anna Schismak, Katarzyna Siok, Agnieszka Jenerowicz</i> | |
| Methodology of digital processing of aerial archival photographs in terms of increasing their photointerpretative quality | 36 |
| <i>Ireneusz Ewiak, Katarzyna Siok</i> | |
| Simulation of spectral channels of panchromatic archival aerial photographs in the context of their spatial orientation | 39 |
| <i>Aleksandra Flitta, Wolfgang Kresse</i> | |
| Geoportal for Lenné-Parks in Poland using emerging Web mapping-Technologies | 41 |

| | |
|--|----|
| <i>Anna Fryškowska, Damian Wierzbicki, Aleksandra Grochala, Michał Kędzierski</i> | |
| Comparative analysis of cloud points acquired with photogrammetric systems mounted on unmanned aerial vehicles platforms in the context of 3D buildings modeling | 44 |
| <i>Grzegorz Gabara, Piotr Sawicki</i> | |
| Photogrammetric Open Source platform GRAPHOS – testing of the usability, performance and functionality | 46 |
| <i>Piotr Gołuch, Kazimierz Ćmielewski, Janusz Kuchmister</i> | |
| Assessment of the possibility of application of semi-metric camera and digital level instrument in height measurement on engineering objects | 48 |
| <i>Aleksandra Grochala, Damian Wierzbicki, Michał Kędzierski, Anna Fryškowska</i> | |
| Change detection in sharpened satellite images | 51 |
| <i>Edyta Hadaś, Grzegorz Jóźków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski</i> | |
| Determining heights of agricultural trees from laser scanning data obtained with unmanned aerial vehicle | 53 |
| <i>Beata Hejmanowska, Mariusz Twardowski, Agnieszka Struś, Kornelia Moskal</i> | |
| 4D models web sharing in CHT2 project | 55 |
| <i>Maya Ilieva, Kamila Pawluszek, Andrzej Kowalski, Piotr Gruchlik, Piotr Polanin, Andrzej Borkowski, Witold Rohm</i> | |
| InSAR monitoring of surface deformations caused by mining activities in Upper Silesia Region | 57 |
| <i>Agnieszka Jenerowicz, Romuald Kaczyński, Agata Orych, Olga Kolatorowicz</i> | |
| Synergetic use of Sentinel data for Distinguishing crops | 60 |
| <i>Grzegorz Jóźków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski</i> | |
| Detection of terrain surface deformations based on differential models created from airborne laser scanning data and data collected with unmanned aerial system | 63 |

| | |
|--|----|
| Krzysztof Karwacki | |
| Landslide monitoring based on low altitude aerial photogrammetry | 65 |
| Krzysztof Karwacki, Zbigniew Perski | |
| Research on terrain deformation using the photogrammetric method the landslide in Milówka example | 67 |
| Tomasz Kogut, Marlena Weistock | |
| Classification of the airborne laser bathymetry data by Random Forest | 69 |
| Piotr Kramarczyk, Beata Hejmanowska, Ewa Głowienka | |
| Atmospheric correction of Landsat and Sentinel 2 – comparison of selected tools | 71 |
| Zdzisław Kurczyński, Mateusz Bielecki | |
| Convolution neural networks in detection of objects on aerial data | 74 |
| Karol Kwiatek, Regina Tokarczyk | |
| Application of immersive camera in mobile mapping system 3D | 76 |
| Jakub Markiewicz | |
| The example of using Xiaomi action cameras in cultural heritage documentation | 79 |
| Sławomir Mikrut, Agnieszka Struś, Ewa Głowienka | |
| Methods for detection of power lines on photogrammetric images | 82 |
| Magdalena Mleczek, Marek Mróz, Przemysław Slesiński, Ilona Pawłowska, Damian Rembalski | |
| The use of Sentinel-1/2 data in agricultural monitoring for the demands of the polish Official Statistics | 84 |
| Marek Mróz, Przemysław Slesiński, Magdalena Mleczek, Tadeusz Sadowski | |
| The use of UAS photogrammetry and UAS/VNIR remote sensing for the observations of the effects of long-term agricultural experiments: ZPD Balcyny case study. | 86 |
| Tomasz Oberski | |
| Optimization of Topographic Position Index scale parameter | 88 |

| | |
|--|-----|
| <i>Agata Orych, Agnieszka Jenerowicz, Piotr Walczykowski, Maciej Rosłoń</i> | |
| The influence of the thermal contrast of a calibration target on the accuracy of determining the GRD of a thermal sensor | 90 |
| <i>Wojciech Ostrowski, Lukasz Miszk, Weronika Winiarska</i> | |
| Archaeological excavation In 3D. photogrammetry in archaeological documentation of ongoing excavations: a case study Paphos Agora Project | 92 |
| <i>Kamila Pawluszek, Raphael Knevels, Andrzej Borkowski, Alexander Brenning</i> | |
| Landslide identification using LiDAR DTM derivatives. A comparison of pixel based vs geographic-object-based image analysis | 94 |
| <i>Zbigniew Perski, Tomasz Wojciechowski, Maria Przyłucka, Zbigniew Kowalski, Petar Marinkovic</i> | |
| Geodynamic activity of the salt dome belt in Poland by means of satellite radar interferometry data analysis | 96 |
| <i>Magdalena Pilarska</i> | |
| Intensity of dual-wavelength ALS as a radiometric source | 98 |
| <i>Katarzyna Siok, Ireneusz Ewiak, Agnieszka Jenerowicz, Anna Schismak</i> | |
| Application of spectral band simulation to aerial photo interpretation | 102 |
| <i>Krzysztof Stereńczak , Stanisław Miścicki, Lukasz Jelowicki, Karolina Parkitna, Grzegorz Krok, Piotr Rysiak, Krzysztof Mitelsztedt, Marek Lisańczuk, Martyna Wietecha, Piotr Mroczek, Michał Laszkowski, Anna Markiewicz</i> | |
| Determination of selected stands characteristics with the use of airborne laser scanning data | 106 |
| <i>Krzysztof Stereńczak, Miłosz Mielcarek, Bartłomiej Kraszewski, Maciej Lisiewicz, Renata Wilkowska, Agnieszka Kamińska, Aneta Modzelewska, Małgorzata Białczak, Żaneta Piasecka, Rafał Sadkowski</i> | |
| Monitoring the bark beetle outbreak development in the Białowieża forest with the use of multi-temporal remote sensing data | 109 |
| <i>Zofia Szczepaniak-Kołtun</i> | |
| The generation of flow lines by using objects from BDOT500 | 112 |

| | |
|---|-----|
| <i>Marta Szostak, Adrian Bednarski, Piotr Wężyk</i> | |
| Monitoring the LULC changes dynamics in the Milicz district based on the analysis of airborne laser scanning data (2007-2012-2015) in the aspect of the forest succession process | 114 |
| <i>Marta Szostak, Kacper Knapik, Justyna Likus-Cieślak, Paweł Hawryło, Marcin Pietrzykowski</i> | |
| Shrubs and trees spatial range mapping for reclaimed areas with using Sentinel-2 images | 116 |
| <i>Paweł Tysiąc</i> | |
| Seaport inventory using mobile mapping system | 118 |
| <i>Beata Weintrit, Marcin Jędryka, Wojciech Bijak</i> | |
| Spatial data integration in the SAFEDAM system | 120 |
| <i>Piotr Wężyk, Artur Warchoń, Karolina Zięba-Kulawik, Ewelina Lara, Monika Szparadowska</i> | |
| Using point clouds from LiDAR and stereomatching aerial photos in creation and updating of Building Models for Building Information Modelling | 124 |
| <i>Damian Wierzbiński, Anna Fryškowska, Michał Kędzierski, Aleksandra Grochala</i> | |
| Comparative analysis of point clouds properties derived from UAV images matching with data from airborne laser scanning | 127 |
| <i>Tomasz Wojciechowski, Zbigniew Perski, Piotr Nescieruk</i> | |
| Integration of remote sensing, surface and subsurface measurements for monitoring of landslide activity | 130 |
| <i>A. Zarnowski, E. Levin, R. Shults</i> | |
| Some aspects of the 4D-GIS and 3D-BIM data integration and visualization | 132 |
| <i>Dorota Zawieska, Jakub Markiewicz, Michał Łuba</i> | |
| Macro photogrammetry in inventory of historical engravings at the Royal Castle in Warsaw | 134 |

Dagmara Zelaya Wziętek, Edmund Sieński, Andrzej Balcerzak, Maciej Wrzeński, Tomasz Ryfa, Krzysztof Bakula, Beata Weintrit, Zdzisław Kurczyński

Application of photogrammetry and remote sensing in levees monitoring -
SAFEDAM project

136

PORÓWNANIE SENSORÓW ADS100 & DMCIII W ŚWIETLE PROGRAMU HEXAGON IMAGERY (HXIP)

Bartłomiej Bęgiak, Magdalena Dudek, Katarzyna Zapalska

COWI Polska Sp. z o.o., Bielsko-Biała

Hexagon Imagery Program (HxIP) jest realizowany w COWI A\S od roku 2015. Na przestrzeni tych ponad 3 lat natrafiiliśmy na szereg wyzwań, które chcielibyśmy przedstawić poprzez porównanie dwóch użytych sensorów fotogrametrycznych: ADS100 oraz DMCIII, użytych do jego realizacji.

Dwa odmienne sensory, to dwa różne podejścia do systemu produkcji, począwszy od samego planowania nalogów, poprzez wstępną kontrolę danych, przetwarzanie, aerotriangulację, a kończąc na procesie ortorektyfikacji.

Zdobyte doświadczenie pozwoliło nam na wypracowanie najbardziej optymalnych rozwiązań skorelowanych z wewnętrznym oprogramowaniem dostosowanym do masowej produkcji zobrazowań wysokorozdzielczych.

Kluczowe wydaje się być tutaj poruszenie aspektu wielkości danych, a co za tym idzie niezbędnym jest kwestia dostępności zaawansowanych repozytoriów cyfrowych pozwalających na magazynowanie takich ilości danych. Dla porównania, dane z sensora DMCIII zajmują trzykrotnie więcej przestrzeni dyskowej w porównaniu do danych z ADS100. Przechowywanie danych to również ich archiwizacja na nośniki zewnętrzne, która w pewien sposób optymalizuje oraz zapewnia poprawne funkcjonowanie macierzy dyskowych.

Analogicznie zróżnicowane podejście mamy do kwestii wstępnej kontroli danych z obu sensorów, gdzie w przypadku DMCIII w wyniku negatywnej kontroli odrzucane są całe obrazy, natomiast w ADS100 – tylko ich części, które potem w wyniku tzw. lotów naprawczych zastępowane są nowymi.

Podejście do processingu danych jest zgoła odmienne, ponieważ po etapie wstępnej kontroli danych dla DMCIII tworzony jest profil radiometryczny (HxMap), natomiast w ADS100 ta kwestia jest w zasadzie w pełni zautomatyzowana, regulowana poprzez predefiniowane szablony w XPro. Aspekty balansu radiometrii są również ustalane na etapie końcowym dla zachowania homogeniczności produktu wyjściowego.

Proces aerotriangulacji stanowił również wielkie wyzwanie z uwagi na obszary zastrzeżone, gdzie zaistniała potrzeba użycia dodatkowego oprogramowania.

W przypadku obu sensorów DSM wygenerowano metodą Semi-Global Matching (SGM). Niewątpliwie kwestia generowania i późniejszej obróbki DSMu stanowiła jedno z największych wyzwań w całym projekcie głównie z uwagi na objętość danych i czas potrzebny do jego realizacji.

W procesie ortorektyfikacji w przypadku obu sensorów zostały użyte systemy kolejkowe do zaawansowanego processingu danych. Sensor ADS100 oparto o zwarte oprogramowanie obliczeniowe open source HTCondor, o dużej przepustowości przeznaczone do równoległego processingu danych rozproszonych wymagających dużej mocy obliczeniowej w dedykowanym klastrze komputerów. Natomiast do processingu sensora DMCIII użyto rozbudowanego systemu kolejkowego opartego o wewnętrzne oprogramowanie COWI.

Zgromadzone doświadczenie pozwala nam patrzeć z optymizmem na rok 2018 (i lata kolejne), w którym na tą chwilę zgromadziliśmy 292.092km², z czego 164.089km² jest w ramach ukończonych już bloków.

COMPARISON OF ADS100 & DMCIII SENSORS IN THE LIGHT OF HEXAGON IMAGERY PROGRAM (HXIP)

Bartłomiej Bęgiak, Magdalena Dudek, Katarzyna Zapalska

COWI Polska Sp. z o.o., Bielsko-Biała

The Hexagon Imagery Program (HxIP) has been implemented in COWI A \ S since 2015. Over these three years we have encountered a number of challenges that we would like to present by comparing the two photogrammetric sensors used for its implementation: ADS100 and DMCIII.

Two different sensors are two different approaches to the production system, starting from the planning of flying acquisition through initial control of data, processing, aerotriangulation and ending with the process of orthorectification.

Our experience has allowed us to develop the most optimal solutions correlated with internal software adapted to the mass production of high-resolution imagery.

Here, the aspect of data volume seems to be crucial, and what is necessary is the issue of the availability of advanced digital repositories allowing the storage of such amounts of data. For comparison, data from the DMCIII sensor consumes three times more disk space compared to data from ADS100. Data storage is also external system, which in some way optimizes and ensures the correct functioning of disk arrays.

We have a similarly different approach to the issue of initial control of data from both sensors, where in the case of DMCIII, as a result of negative control, entire images are rejected, whereas in ADS100 - only parts of them, which then as a result of the so-called repair flights are replaced by new ones.

The approach to data processing is quite different, because after the initial control of data for DMCIII a radiometric profile (HxMap) is created, whereas in ADS100 this issue is basically fully automated, regulated by predefined templates in XPro. Radiometric balance aspects are also determined at the final stage to maintain the homogeneity of the final product.

The process of aerotriangulation was also a great challenge due to the restricted areas, where there was a need to use additional software.

For both sensors, DSM was generated using the Semi-Global Matching (SGM) method. Undoubtedly, the issue of generating and subsequent processing of DSM was one of the biggest challenges in the whole project, mainly due to the volume of data and the time needed to produce it.

In the process of orthorectification, queuing systems for advanced data processing were used for both sensors. The ADS sensor is based on HTCondor, compact open-source high-throughput computing software framework for coarse-grained distributed parallelization of computationally intensive tasks requiring high computing power in a dedicated cluster of computers. In contrast, a complex queuing system based on internal COWI software was used to process the DMCIII sensor.

The gathered experience allows us to look with optimism for 2018 (and subsequent years), in which at the moment we have acquired 292,092km², of which 164,089km² is within the blocks with already completed acquisition.

**OCENA DOKŁADNOŚCI NUMERYCZNEGO MODELU TERENU
WYKONANEGO NA PODSTAWIE WYSOKOROZDZIELCZYCH OBRAZÓW
SATELITARNYCH NA OBSZARZE POŁUDNIOWEGO SPITSBERGENU**

**Małgorzata Błaszczyk¹, Leszek Kolondra¹, Leo Decaux¹, Mariusz Grabiec¹,
Dariusz Ignatiuk¹, Jacek Jania¹, Michał Laska¹, Barbara Barzycka¹, Mateusz
Czapla¹, Bartłomiej Luks²**

¹ *Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach,
malgorzata.blaszczyk@us.edu.pl*

² *Instytut Geofizyki, Polska Akademia Nauk, Warszawa*

W badaniach zaprezentowano wyniki prac nad oceną dokładności Numerycznego Modelu Terenu otrzymanego z wysokorozdzielczych obrazów VHRS (Geoeye, WorldView, Pleiades) wykonanych w latach 2010-2017. Badania przeprowadzono na trzech lodowcach Południowego Spitsbergenu. Oceniono dokładność NMT zarówno na obszarach lądowych jak i pokrytych śniegiem i lodem. Numeryczny Model Terenu wykonano w oprogramowaniu PCI Geomatica. Jako fotopunkty oraz punkty kontrolne wykorzystano pomiary naziemne pochodzące z letnich i wiosennych kampanii pomiarowych (pomiaru dGPS na tyczkach ablacyjnych, GPR - *Ground Penetrating Radar*; skaning laserowy) oraz NMT wykonany na podstawie zdjęć lotniczych. Dodatkowo oceniono dokładność produktu ArcitcDEM. ArcitcDEM jest wspólną inicjatywą sektora prywatnego oraz publicznego, dostarczającą darmowy NMT dla obszarów Arktyki, wykonany na podstawie obrazów VHRS. Walidacja danych z różnych źródeł wykazała, że średni błąd NMT na obszarach pokrytych śniegiem i lodem wyniósł ok. ± 2 m. Otrzymane wyniki pozwalają na wykorzystanie NMT z wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych do oceny bilansu masy lodowców w kilkuletnich odstępach czasowych.

**ACCURACY ASSESSMENT OF DIGITAL ELEVATION MODEL PRODUCED
FROM VERY HIGH RESOLUTION IMAGES OVER SOUTHERN
SPITSBERGEN**

**Małgorzata Błaszczyk¹, Leszek Kolondra¹, Leo Decaux¹, Mariusz Grabiec¹,
Dariusz Ignatiuk¹, Jacek Jania¹, Michał Laska¹, Barbara Barzycka¹, Mateusz
Czapla¹, Bartłomiej Luks²**

¹ University of Silesia, Faculty of Earth Sciences, Sosnowiec, Poland

² Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland

In the study we present the results of accuracy assessment of DEM produced from VHRS stereo images (Geoeye, WorldView, Pleiades) over the period 2010-2017. The research were conducted over three glaciers in Southern Spitsbergen. We assessed DEM accuracy on land and glaciated areas. The DEM were generated in PCI Geomatica software. As a Ground Control Point and for DEM validation we used filed data from spring and summer campaigns (dGPS measurements of mass balance stakes position, GPR and laser scanning), as well as DEM generated from aerial photos. Additionally, we assess the accuracy of ArcticDEM. ArcticDEM is an public-private initiative to automatically produce a high-resolution DEM of the Arctic using optical stereo imagery VHRS. The vertical accuracy of DEM from different sources was ± 2 m. It allows for use of DEM generated from VHRS for studies of glaciers mass balance in a few years intervals.

**PROJEKT EPOS-PL: MONITOROWANIE DEFORMACJI POWIERZCHNI
TERENU Z WYKORZYSTANIEM TECHNIK FOTOGRAMETRYCZNYCH
I TELEDETEKCYJNYCH**

**Andrzej Borkowski, Maya Ilieva, Kamila Pawluszek, Grzegorz Józków, Agata
Walicka, Witold Rohm**

*Instytut Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, e-mail:
(imię.nazwisko)@upwr.edu.pl*

Celem projektu EPOS (*European Plate Observing System*) jest zwiększenie dostępności i jakości infrastruktury badawczej z zakresu nauk o Ziemi poprzez budowę i integrację infrastruktury badawczej na poziomie lokalnym, krajowym, jej ścisłą integrację z międzynarodowymi, europejskimi i globalnymi bazami danych, serwisami i usługami w ramach programu. Celem jest również wzmocnienie partnerstwa z przemysłem i zbudowanie stałego procesu trwałego transferu technologii pomiędzy nauką a przemysłem w zakresie nauk o Ziemi. Jednym z zadań w ramach projektu EPOS-PL jest utworzenie *Upper Silesian Geophysical Observation System*. Zadanie to realizowane jest przez konsorcjum w składzie: Instytut Geofizyki PAN (lider), Główny Instytut Górnictwa, Instytut Geodezji i Kartografii, Wojskowa Akademia Techniczna, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (UPWr) i Polska Grupa Węglowa jako partner przemysłowy. Instytut Geodezji i Geoinformatyki UPWr odpowiada za monitorowanie deformacji powierzchni terenu spowodowanych działalnością górnictwem. Ponieważ zakres deformacji, głównie osiadania terenu, na tego typu obszarach sięga wartości od kilku milimetrów do dziesiątków metrów, zastosowane metody pomiarowe muszą obejmować pełne spektrum możliwych deformacji. Podstawową metodą obserwacyjną jest interferometria radarowa InSAR, stosowana w wariacie różnicowym DInSAR i oparta o stałe rozpraszacze PSI. Ponadto, celem wyznaczenia trójwymiarowych wektorów deformacji w wybranych punktach rozmieszczone zostały reflektory SAR. Dane radarowe pozyskiwane są z satelity Sentinel-1 (ESA) z sześciodniowym czasem rewizyty. Wyznaczane techniką radarową deformacje walidowane są na podstawie pomiarów niwelacji precyzyjnej oraz pomiarów GNSS. Interferometria SAR wykorzystywana jest od wyznaczania małych, inicjalnych deformacji oraz deformacji na obszarach pogórnich. Do pomiaru osiadania o większej amplitudzie (ponad 0,1m) stosowane są techniki fotogrametryczne. Oprócz lotniczego skaningu laserowego stosowane są przede wszystkim sensory nisko kosztowe zamontowane na platformie UAV, a w szczególności fotogrametria UAV oparta o kamerę RGB oraz skanowanie laserowe z wykorzystaniem skanera Velodyne HDL-32. Modele deformacji wyznaczone są jako różnicowe modele chmur punktów i różnicowe modele numerycznego modelu

terenu. Na obszarze zainteresowania zainstalowane zostały ponadto cztery stacje permanentne GNSS. Obserwacje GNSS służą do nadania skali pozostałym pomiarom oraz do wyznaczenia opóźnienia troposferycznego dla InSAR. W referacie przedstawiona będzie szczegółowa konfiguracja systemu obserwacyjnego oraz podane przykłady wyznaczonych przemieszczeń dla poszczególnych technik wraz z ich walidacją.

PROJECT EPOS-PL: TERRAIN DEFORMATION MONITORING USING PHOTOGRAMMETRIC AND REMOTE SENSING TECHNIQUES

**Andrzej Borkowski, Maya Ilieva, Kamila Pawluszek, Grzegorz Jóźków, Agata
Walicka, Witold Rohm**

*Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences*

The goal of the EPOS (*European Plate Observing System*) is to increase access and use of the multidisciplinary research and monitoring infrastructure, databases and services related to the solid Earth by means of their integration on the local, national, regional and global levels. The goal of the project is also the enhancement of the partnership with the industry in order to establish a permanent process of technology transfer between research units and industry in terms of geosciences. The establishment of the *Upper Silesian Geophysical Observation System* is one of the tasks executed in the framework of EPOS. This task is realized by the consortium consisting of Institute of Geophysics PAS (leader), Central Mining Institute, Institute of Geodesy and Cartography, Military Academy of Technology, Wrocław University of Environmental and Life Sciences (WUELS) and Polish Coal Group as an industrial partner. The Institute of Geodesy and Geoinformatics (WUELS) is responsible for deformations monitoring caused by underground mining exploitation. Since, the terrain subsidence on the area under investigation can reach values from a few millimetres to several meters, a set of utilized measurement techniques have to cover the whole spectrum of potential deformations. The main observation technique is SAR interferometry applied in differential (DInSAR) and persistent scatters (PSI) variants. Moreover, to determine 3D deformations, a set of corner reflectors has been deployed on the study area. The data of Sentinel-1 with six days revisiting time are used. Determined deformations are validated by mean of levelling and GNSS observations. SAR data are used to determine small and initial deformations. To measure deformations with a greater amplitude (more than 0.1 m) photogrammetric techniques are introduced. Besides the airborne laser scanning, low cost sensors mounted on a UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) platform are used. In particular, the UAV photogrammetry is based on a RGB camera and UAV laser scanning is based on Velodyne HDL-32 scanner. Terrain subsidence is determined as a differential model of both, point clouds and digital terrain models. Moreover, four GNSS permanent stations have been deployed on the study area. GNSS observations will serve to determine the scale and to model tropospheric delay for SAR. In this work, detailed information about system and sensor configuration and also first results of the determined deformations including their validation will be given.

KONCEPCJA, ZAŁOŻENIE POLA TESTOWEGO DLA UAV ORAZ PIERWSZE DOŚWIADCZENIA

Paweł Cwiąkała¹, Witold Niewiem¹, Krystian Pyka¹, Paweł Wiącek^{1,2}

¹ AGH w Krakowie, *pawelcwi@agh.edu.pl, w.niewiem@gmail.com,*
krisfoto@agh.edu.pl

² Fly-Tech, *paw.wiacek@gmail.com*

Programy do wyrównania sieci zdjęć z UAV stosują samokalibrację, aby nadać aparatom fotograficznym cechy pomiarowe. Dodatkowo niewiadome (ogniskowa, punkt główny, dystorsja, afinizm matrycy) jedynie śladowo obciążają proces wyrównawczy, gdyż w ogromnej przewadze są równania obserwacyjne punktów wiążących. Parametry kalibracji kamery są silnie skorelowane z elementami orientacji zdjęć, najsilniejsza jest korelacja wysokości środków rzutów i ogniskowej aparatu. W efekcie uzyskiwane z wyrównania dokładności niewiadomych są zawyżone a same niewiadome niestabilne. Na dokładność wpływają też inne czynniki, jak temperatura, wilgotność czy zapylenie atmosfery które mogą zmieniać elementy orientacji wewnętrznej aparatu.

Postanowiono przygotować terenowe pole testowe które zapewniałoby optymalną de-korelację niewiadomych i pozwalałoby na obiektywną ocenę uzyskiwanych dokładności wyrównania sieci zdjęć z UAV. Przy wyborze miejsca kierowano się możliwością lokalizacji fotopunktów na różnych wysokościach i z dużą gęstością. Wybrano fragment osiedla zabudowanego kilkupiętrowymi, niewielkimi budynkami z licznymi ulicami wewnętrznymi, położony w terenie o deniwelacjach dochodzących do kilkunastu metrów. Część fotopunktów jest zmaterializowana przez armaturę kanalizacyjną i poziome oznakowanie drogowe a część ma postać trwałych sygnałów umieszczonych na dachach. W sumie na prostokątnym obszarze o rozmiarach ok. 180 m x 250 m zlokalizowano ponad 100 fotopunktów położonych dość regularnie, co pozwala na wariantowy dobór punktów koniecznych do wyrównania i do kontroli dokładności.

Wykonano pierwszy test, w którym sieć zdjęć z UAV wyrównano na trzech zbiorach fotopunktów: (1) położonych na terenie, (2) na dachach, (3) na terenie i dachach. Analogicznie były podzielone punkty kontrolne. Uzyskano istotnie różniące się parametry kalibracji oraz elementy orientacji zewnętrznej zdjęć. Wariant obejmujący fotopunkty na terenie i na dachach charakteryzował się najmniejszą wartością RMS względem fotopunktów kontrolnych.

CONCEPT, CREATING THE TEST FIELD FOR UAV AND FIRST EXPERIENCES

Paweł Cwiakala¹, Witold Niewiem¹, Krystian Pyka¹, Paweł Wiącek^{1,2}

¹AGH University, pawelcwi@agh.edu.pl, w.niewiem@gmail.com, krisfoto@agh.edu.pl

²Fly-Tech, paw.wiacek@gmail.com

The self-calibration is widely used in a bundle adjustment software to enhance measurement abilities of still cameras. Additional unknowns (principal distance, principal point, distortion, affinity of detector) encumber an adjustment process remotely, forasmuch there is plenty of tie points observation equations. The strong correlation between an interior and an exterior orientation particularly come out in case of an altitude of the perspective centre and the principal distance. As a result, an adjusted accuracy is unreliable and inflated. The accuracy is also affected by other factors like: temperature, humidity and dustiness, which can influence interior orientation.

The main aim was to prepare the terrestrial test field, that help to obtain optimal decorrelation and allow to objectively assess the accuracy of the bundle adjustment in UAV application. The test field was located in place, which allows to position control points with wide and diverse density and altitude. The part of residential estate consisting several storey blocks of flats were chosen. The area is characterised by large number of internal roads and altitude differences up to around a dozen of meters. As control points, plumbing fitting and road surface marking were adopted. Moreover, permanent targets on roofs were used. Overall, on the rectangular area of average 180 x250 m over than 100 control points were regularly located, thus it allows to choose the control points set, that is essential for an adjustment and accuracy inspection.

First test was carried out consider UAV images adjustment using three versions of control points: (1) placed on the train surface, (2) on top of roofs, (3) both on the terrain and roofs. Control points were divided cognately. Great differences between calibration parameters and an exterior orientation occurred. The adjustment version covering control points on terrain surface and top of roofs is characterised by the lowest RMS compared with check points.

**ZASTOSOWANIE ANALIZ PRZESTRZENNYCH W ZARZĄDZANIU
PRZESTRZENIĄ WYBRANYCH GMIN UZDROWISKOWYCH**

Agnieszka Czajka, Zofia Szczepaniak-Koltun

*Katedra Geoinformatyki,
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, Politechnika Koszalińska*

System informacji przestrzennej to zbiór metod, instrumentów i narzędzi, które są wykorzystywane do pozyskiwania, gromadzenia i przetwarzania danych mających zastosowanie w różnych dziedzinach nauki i techniki. Planowanie przestrzenne jest działalnością mającą na celu wskazywanie możliwości racjonalnego i optymalnego wykorzystania przestrzenie zróżnicowanych cech danego obszaru, zwłaszcza zasobów środowiskowych, przyrodniczych i kulturowych. Zasoby środowiska naturalnego, są głównym czynnikiem wydzielenia gmin uzdrowiskowych. W Polsce znajdują się 43 uzdrowiska, które można podzielić stosując różne kryteria (np. środowiskowe, ekonomiczne, gospodarcze i inne).

W artykule zastosowano kryterium środowiskowe. Przedstawiono przestrzenny rozkład uzdrowisk w Polsce dokonując klasyfikacji względem położenia oraz wykorzystania zasobów naturalnych środowiska. Następnie dla wybranych gmin uzdrowiskowych dokonano analiz porównawczych określających wielkość ich zagospodarowania, stopień wykorzystania zasobów naturalnych oraz różnorodność występowania zakładów przyrodolecznich. Uzyskane wyniki oraz wnioski mogą posłużyć, jako element w koncepcjach zmian inwentaryzacji uwarunkowań i kierunku rozwoju gmin uzdrowiskowych, nowelizacji miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, jak również zostać wykorzystane do określenia racjonalnych zasobów naturalnych.

**APPLICATION OF SPATIAL ANALYSIS IN THE MANAGEMENT OF SPACE
OF SELECTED SPHERICAL COMMUNITIES**

Agnieszka Czajka, Zofia Szczepaniak-Koltun

*Department of Geoinformatics,
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geodetic Sciences, Koszalin
University of Technology*

The spatial information system is a set of methods, instruments and tools that are used to acquire, collect and process data applicable in various fields of science and technology. Spatial planning is an activity aimed at indicating the possibility of rational and optimal use of spatially diverse features of a given area, especially environmental, natural and cultural resources. Resources of the natural environment are the main factor setting apart the spa communes. There are 43 spas in Poland, which can be characterised using various criteria (eg environmental, economic, economical and other). The article uses the environmental criterion. For selected spa communes, comparative analyses have been made to determine the rate of their development, the degree of use of natural resources and the diversity of the occurrence of natural medicine facilities. Obtained results and conclusions can be used as an element in the concepts of changing in the inventory of conditions and the direction of development of spa communes, the amendment of local spatial development plans, as well as be used to determine rational natural resources.

OCENA DOKŁADNOŚCI MODELU BUDYNKU Z BARDZO GĘSTEJ CHMURY PUNKTÓW POZYSKANEJ Z INTEGRACJI ZDJEĆ O RÓŻNEJ GEOMETRII

Rafał Drzewicki, Aleksandra Bujakiewicz

*Katedra Geoinformatyki, Politechnika Koszalińska, abujak7@wp.pl,
rafaldrzewicki@gmail.com*

Tworzenie trójwymiarowych modeli obiektów różnego typu, w tym budynków, na podstawie gęstej chmury punktów stało się powszechne. Dokładność modeli jest w znacznym stopniu uzależniona od gęstości chmur punktów jakie są wykorzystywane dla ich tworzenia. Sprzyja temu szybki rozwój technik bazujących na lotniczym i naziemnym skaningu laserowym, a także rozwijającej się w ostatnich latach metodzie tworzenia bardzo gęstych chmur punktów w oparciu o automatyczne pomiary na zdjęcia cyfrowych. W niniejszej prezentacji zostanie przedstawiony przykład wykorzystania gęstej chmury punktów ze zdjęć cyfrowych o różnej geometrii dla rekonstrukcji 3D modelu. Obiektem badań był budynek jednorodzinny o dosyć skomplikowanym kształcie. W pracach przygotowawczych dokonano pomiaru punktów osnowy fotogrametrycznej metodą GNSS, założenia punktów specjalnie sygnalizowanych na ścianach budynku wraz z pomiarem odległości pomiędzy nimi, opracowania projektu nalotu BSP oraz planu rozmieszczenia stanowisk naziemnych, a także pre-kalibracji jednej z kamer niemetrycznych. Zdjęcia, w liczbie 200, pozyskano systemem BSP DJI Phantom 4 na trzech poziomach wysokości, dla których w trakcie lotu, systemem GPS/IMU, zapisywana była przybliżona georeferencja zdjęć. Ponadto, ze stanowisk naziemnych wykonano 46 zdjęć aparatem FUJIFILM X-S1 na jednym poziomie wysokości, z wykorzystaniem statywu DigiPod TR-560A. Pozyskane obrazy charakteryzowały się odmiennymi parametrami orientacji wewnętrznej oraz bardzo zróżnicowanymi kątowymi oraz liniowymi elementami orientacji zewnętrznej (EOZ). Do całego procesu rekonstrukcji obiektu wykorzystano oprogramowanie Agisoft PhotoScan. Ze względu na zróżnicowaną metrykę zdjęć z BSP oraz stanowisk naziemnych, a także ich różny sposób kalibracji (przed lub w trakcie opracowania poprzez samokalibrację), wykonano dwa niezależne klastry dla obu grup zdjęć. Elementy orientacji zewnętrznej zdjęć uzyskano w efekcie dwóch niezależnych procesów aero i terra triangulacji dla obu klastrów. Kolejny etap, czyli połączenie danych z dwóch klastrów, umożliwiło generowanie jednej wspólnej bardzo gęstej chmury punktów (ponad 6 milionów), z której stworzono finalne produkty, tj. 3D modele obiektu w formach, *Mesh*, *Texture*, *Tiled Model*. Analizę poziomu poprawności rekonstrukcji kształtu 3D modelu obiektu wykonano poprzez ocenę wizualną uzyskanego modelu, na podstawie porównania odległości miar czołowych

budynku pomierzonych w terenie i na modelu, oraz długości pomiędzy punktami specjalnie sygnalizowanymi na obiekcie, a także poprzez analizę średnich błędów kwadratowych określonych dla fotopunktów i punktów kontrolnych, wykorzystywanych w procesie aero i terra triangulacji zdjęć. Ostateczna dokładność odtworzenia kształtu badanego obiektu mieściła się w granicach 0.01 - 0.03m, co potwierdza duży potencjał integracji zdjęć niemetrycznych, pozyskanych dla obiektu z drona i stanowisk naziemnych, oraz tworzenia jednej wspólnej gęstej chmury punktów, w celu wiernej rekonstrukcji kształtu modelu 3D.

**ACCURACY ASSESSMENT OF THE BUILDING MODEL FROM A HIGH
DENSE POINTS CLOUD ACQUIRED FROM THE INTEGRATION OF
DIFFERENT GEOMETRY IMAGES**

Rafał Drzewicki, Aleksandra Bujakiewicz

*Department of Geoinformatics, The Koszalin University of Technology, abujak7@wp.pl,
drzewicki@gmail.com*

Reconstruction of 3D models of various type objects, including buildings, basing on a dense point cloud, is now very popular. An accuracy of the 3D models depends mainly on density of points cloud, used to their creation. Very fast development of the technologies based on aerial and terrestrial laser scanning, and also the recent use of very dense points cloud from high density image matching, are conducive to creation of the 3D models.

In this presentation, the example of using very high dense points cloud acquired from the integration of different geometry images, will be discussed. The research object was the family building of a quite complicated shape. In the preparatory works, the survey of twenty photogrammetric control and check points by the GNSS method, the establishment of a few points specially targeted on the building walls and measurement of between- points distances, the design of BSP flight and location of the camera ground stations, and also pre-calibration of one of the non-metric cameras, were carried out. Two hundred photographs at three levels of height were taken by BSP system DJI Phantom 4, equipped with GPS/INS for registration of the approximate georeference data of the photos, being used in process of aerial triangulation. Complementary 46 photos by the FUJIFILM X-S1 camera, located on the same height level on the ground stations with use of the DigiPod TR-560A tripod, were also acquired. The acquired images have been characterized by different camera interior parameters and very distinct angular and linear external orientation (EO). The Agisoft PhotoScan software was used for the overall process to reconstruct the model of object. Different metrics of cameras for BSP and terrestrial photos, and various methods of their calibration (pre-calibration and self-calibration) have caused the necessity of creation of two independent clusters for both groups of photos. The external orientation parameters of photos in two clusters, in separate two processes of aerial and terrestrial triangulation, were determined. The next process, which had involved the connection of data from two clusters, made it possible to generate one very dense points cloud (over 6 millions) for the whole object. In subsequent stage, from one common dense points cloud, the final products, such as, Mesh, Texture and Tiled Model, were generated. The analysis of the correctness of reconstruction of the 3D building shape, was carried

out in a few ways: by the visual assessment of the obtained 3D model, by comparison of the distances of the front measures of the building determined in the field and on the model, as well as by comparing the length between the points specially targeted on the site. Also for the accuracy evaluation, the average square errors for control and check points, utilized in aerial and terrestrial triangulation, were taken into account. The final accuracy of the shape reproduction of the tested object was comprised within a range of 0.01- 0.03m, which confirms the large potential of integration of the non-metric photographs, taken from BSP and terrestrial stations, for building of one very dense point cloud to reconstruct the 3D model shape.

METODYKA CYFROWEGO PRZETWARZANIA ARCHIWALNYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH W ASPEKTCIE ZWIĘKSZENIA ICH WALORÓW FOTOINTERPRETACYJNYCH

Ireneusz Ewiak, Anna Schismak, Katarzyna Siok, Agnieszka Jenerowicz

*Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego,
Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna,
e-mail: {ireneusz.ewiakl, anna.schismak,katarzyna.siok,
agnieszka.jenerowicz}@wat.edu.pl*

Przedmiotem badań były archiwalne zdjęcia lotnicze wykonane panchromatycznymi analogowymi kamerami w latach 50-tych XX wieku. Zdjęcia te stanowiły podstawę do założenia ewidencji gruntów na obszarze Polski dla około 30% nieruchomości gruntowych i do dziś są cennym, często jedynym materiałem wskazującym na ówczesne pokrycie i użytkowanie terenu. Na powiększeniach wspomnianych zdjęć wykonywane były również tzw. fotoskice, które stanowiły dokumentację pierwotnego pomiaru granic ewidencyjnych w terenie. Obecnie identyfikacja punktów charakterystycznych granic oraz linii pomiarowych jest kluczowym etapem odtworzenia pierwotnego położenia granic, a wykorzystanie dostępnych dziś cyfrowych metod fotogrametrycznego opracowania zdjęć umożliwia to odtworzenie ze znacznie wyższą dokładnością, przy zachowaniu jednorodności opracowania dużych obszarów.

Dokładność opracowań fotogrametrycznych w dużym stopniu zależy od jakości zdjęć, przede wszystkim od ich rozdzielczości i możliwości interpretacyjnych. Archiwalne zdjęcia z lat 50-tych posiadają niską rozdzielczość spektralną - materiał światłoczuły wykorzystanych kamer fotogrametrycznych rejestrował widzialny zakres promieniowania elektromagnetycznego jako zdjęcie w odcieniach szarości. Obecnie w archiwach dostępne są już zdjęcia skanowane. Zdjęcia te cechuje wysoki poziom szumów, co obniża ich czytelność i jakość opracowanych na ich podstawie produktów. W szczególności dotyczy to jakości cyfrowej ortofotomapy oraz modeli stereoskopowych, które stanowią główne źródło fotointerpretacji szczegółów terenowych na podstawie których odtwarzany jest stan pierwotny granic ewidencyjnych.

W przeprowadzonych badaniach zastosowano różne metody redukcji szumów obrazów archiwalnych zdjęć lotniczych, kompensacji ich rozmazania, a także uwydatniania krawędzi i istotnych szczegółów w nich występujących. Oceniono wpływ tych przetworzeń na poszczególne etapy opracowania zdjęć lotniczych, w szczególności na efektywność cyfrowej korelacji obrazów, możliwości interpretacyjne modeli

stereoskopowych i dokładność pomiaru stereoskopowego, zwłaszcza w odniesieniu do identyfikacji początków i końców linii pomiarowych. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na zdefiniowanie optymalnego zestawu metod cyfrowego przetwarzania obrazów mających istotny wpływ na poprawę zdolności interpretacyjnych archiwalnych zdjęć lotniczych pochodzących z lat 50-tych ubiegłego wieku.

METHODOLOGY OF DIGITAL PROCESSING OF AERIAL ARCHIVAL PHOTOGRAPHS IN TERMS OF INCREASING THEIR PHOTOINTERPRETATIVE QUALITY

Ireneusz Ewiak, Anna Schismak, Katarzyna Siok, Agnieszka Jenerowicz

*Department of Remote Sensing, Photogrammetry and IMINT,
Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology,
{ireneusz.ewiakl, anna.schismak, katarzyna.siok, agnieszka.jenerowicz}@wat.edu.pl*

The subject of research were archival aerial photographs acquired by analog, panchromatic cameras in fifties of XX century. Those photographs were the base in establishing land cadastre for approximately 30% of land parcels in territory of Poland and to this day are precious and often only material pointing at the land cover and use. The photographs in question were also used to create so called photo-sketches documenting the ground measurements of the cadastral borders for newly created land register. Nowadays identification of characteristic points (corners) of the parcels in the archival photographs is the key stage of reconstruction of original border layout, which can be now obtained by use of digital photogrammetry methods providing high and homogeneous accuracy for large areas.

The accuracy of photogrammetric elaborations depends largely on photographs quality, precisely on its resolution and interpretation capabilities. Archival photos from fifties have low spectral resolution. The film used in photogrammetric cameras was sensitive only in visible range of electromagnetic radiation, which allowed achieving a panchromatic photographs in the shades of gray. Nowadays this photographs are available in the archives in form of digital scans. Those images feature high noise level which decrease the quality of products based on them, in particular the quality of digital orthophotomap and stereoscopic models, which are used for photointerpretation of terrain details based on which original state of cadastral borders is reconstructed.

In our research, we treated those images various methods of noise reduction, blur compensation and edge enhancement to assess the impact of these transformations on each stage of the processing of aerial photographs, in particular on the efficiency of digital image correlation, interpretation possibilities of stereoscopic models and the accuracy of stereoscopic measurement, especially with regard to the identification of the corners and other characteristic points of the cadastral borders. The results we obtained allowed us to define the optimal set of digital image processing methods having a significant impact on improvement of interpretation abilities of archival aerial photographs made in fifties of the twentieth century.

**SYMULACJA KANAŁÓW SPEKTRALNYCH ARCHIWALNYCH
PANCHROMATYCZNYCH ZDJĘĆ LOTNICZYCH W KONTEKŚCIE ICH
ORIENTACJI PRZESTRZENNEJ**

Ireneusz Ewiak, Katarzyna Siok

*Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Instytut Geodezji, Zakład Teledetekcji,
Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego, Wojskowa Akademia Techniczna,
ireneusz.ewiak@wat.edu.pl, katarzyna.siok@wat.edu.pl*

Z analizy metod pomiaru granic działek stosowanych podczas zakładania ewidencji gruntów w Polsce wynika, że dla ponad dwudziestu procent obrębów ewidencyjnych granice te zostały określone w oparciu o fotomapy opracowane na podstawie zdjęć lotniczych pozyskanych w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Jako punkty poziomej osnowy pomiarowej wykorzystano szczegóły terenowe widoczne na fotomapie i zlokalizowane w terenie. Pomiędzy takimi punktami, stanowiącymi zaczepienie linii pomiarowych, mierzono w sposób bezpośredni granice władania, zaś wyniki pomiarów nanoszono na fotoszkice. Obecnie, szczegóły te w większości nie istnieją, zaś intensywna uprawa rolna na obszarze tych obrębów w długim okresie spowodowała przesunięcie granic, co w znacznym stopniu utrudnia lub wręcz uniemożliwia ich odtworzenie w terenie z dokładnością wynikającą z obowiązujących przepisów. Rezultaty badań prowadzonych z wykorzystaniem archiwalnych zdjęć lotniczych, tych samych, które wykorzystane były do opracowania fotomap potwierdziły, że możliwe jest uzyskanie współrzędnych punktów zaczepienia linii pomiarowych z dokładnością umożliwiającą wykorzystanie danych zamieszczonych na fotoszkiecach służących do założenia ewidencji gruntów. Dokładność wyznaczenia współrzędnych końców linii pomiarowych zależy od przyjętej metody pomiaru fotogrametrycznego oraz jakości geometrycznej, radiometrycznej i spektralnej zdjęć lotniczych. W przypadku pomiarów manualnych realizowanych na modelach archiwalnych zdjęć lotniczych dokładność ta zależy od dokładności ich orientacji przestrzennej wyznaczonej w procesie aerotriangulacji, w tym dokładności pomiaru korelacyjnego punktów wiążących. Niska rozdzielczość radiometryczna i spektralna skanowanych zdjęć lotniczych wykorzystanych do opracowania archiwalnych fotomap przekłada się bezpośrednio na niską dokładność pomiaru korelacyjnego punktów wiążących. Jakkolwiek, zmiana rozdzielczości radiometrycznej tych zdjęć nie jest niemożliwa, to zmiana ich rozdzielczości spektralnej może być osiągnięta poprzez symulację kanałów spektralnych. W niniejszym opracowaniu został zbadany wpływ symulowanych kanałów spektralnych na jakość pomiaru korelacyjnego punktów wiążących w bloku archiwalnych zdjęć lotniczych, a tym samym na dokładność

orientacji modeli tych zdjęć. Na podstawie wielospektralnych zobrazowań satelitarnych zawierających rzetelną informację spektralną, dla analizowanych obrębów ewidencyjnych, odtworzone zostały cechy spektralne szczegółów sytuacyjnych odfotografowanych na archiwalnych zdjęciach lotniczych. Wyznaczone zostały kanały spektralne oraz ich kombinacje mające istotny wpływ na dokładność orientacji modeli zdjęć lotniczych. Przeprowadzone badania potwierdziły, że dokładność orientacji przestrzennej modeli archiwalnych zdjęć lotniczych z symulowanymi kanałami spektralnymi wzrasta o 20% dla współrzędnych płaskich oraz o 15 % dla rzędnej.

SIMULATION OF SPECTRAL CHANNELS OF PANCHROMATIC ARCHIVAL AERIAL PHOTOGRAPHS IN THE CONTEXT OF THEIR SPATIAL ORIENTATION

Ireneusz Ewiak, Katarzyna Siok

*¹ Department of Remote Sensing, Photogrammetry and IMINT, Faculty of Civil
Engineering and Geodesy, Military University of Technology
ireneusz.ewiak@wat.edu.pl, katarzyna.siok@wat.edu.pl*

Analysis of measuring methods of land parcel lines, which were used to establish register of land and buildings in Poland, shows that for more than 20% of the cadastral districts these boundaries were determined based on the photomap elaborated on the basis of aerial photos obtained in the middle of the last century. As a points of horizontal minor control a field details were used visible on the photomap and located on the ground. Between these points, which are the beginning and the end of the survey line, a direct measurement of possessory limits was performed, and the results of the measurements were implemented on aerial mosaic. Currently, these details in most cases do not exist, and intensive agricultural cultivation on the area of cadastral districts in a long period caused the shifting of boundaries, which to a large extent hinders or prevents their reproduction on the ground with the required accuracy. The results of research carried out using archival aerial photographs, the same that were used to develop the photomaps have confirmed that it is possible to obtain the coordinates of the beginning and end of survey lines with the precision that allows you to use data contained on aerial mosaics. The accuracy of coordinates of survey line depends on the adopted photogrammetric measurement method as well as geometric, radiometric and spectral quality of aerial photographs. In the case of manual measurements carried out on stereo models of archival aerial photographs, this accuracy depends on the accuracy of their spatial orientation designated in the aerial triangulation process, including accuracy of tie points measurement. Low radiometric and spectral resolution of scanned archival aerial photos were used to create the archival photomaps translates directly to the low accuracy of tie points measured using autocorrelation methods. However, changing the radiometric resolution of these photos is not possible, it is changing their spectral resolution can be achieved by simulating spectral channels. This research has been examined the impact of simulated spectral channels on the quality of the automatic measurement of tie points in the block of archival aerial photographs, and thus the accuracy of the orientation of the stereo models. Based on multispectral satellite imagery containing reliable spectral information, for analyzed evidence confines area, have been reproduced spectral characteristics of situational details visible on the archival photos. Spectral channels and their combinations affecting the accuracy of the orientation of the photo models was specified. Studies have confirmed that the accuracy of the spatial orientation of models of archival aerial photographs with simulated spectral channels increases by 20% for X and Y coordinates, and by 15% for Z coordinate.

GEOPORTAL PARKÓW LENNE W POLSCE Z WYKORZYSTANIEM NOWYCH TECHNOLOGII

Aleksandra Flitta, Wolfgang Kresse

*Katedra Geoinformatyki,
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, Politechnika Koszalińska
wolfgang.kresse@tu.koszalin.pl*

Peter Josef Lenné był niemieckim architektem krajobrazu w pierwszej połowie XIX wieku. Przez większość czasu Lenné pracował w Prusach, a tym samym zaprojektował kilka parków na dzisiejszym terytorium Polski. Studenci Politechniki Koszalińskiej oraz Uniwersytetu w Neubrandenburgu zgromadzili dane z wielu źródeł i zaprogramowali portal internetowy bazujący na bibliotece Leaflet. Portal zawiera ponad 50 lokalizacji w Polsce. W zależności od dostępnych źródeł dostępne są dodatkowe informacje, takie jak rok utworzenia, byli właściciele lub zdjęcie oryginalnego planu. Studentka Politechniki Koszalińskiej Aleksandra Flitta w swojej pracy zbadała obecny kształt pięciu parków i otrzymała zaskakujące wyniki. Część parków została zmieniona w dzielnice mieszkaniowe, część doskonale zachowuje pierwotny stan, a jeden częściowo wykorzystywany jest jako zoo od ponad 100 lat.

Biblioteka Leaflet obsługująca publikację map online składa się z biblioteki JavaScript, a tym samym opuszcza klasyczny świat mapowania oparty na technologii XML i standaryzowany przez ISO / TC 211 i Open Geospatial Consortium (OGC). Jednak nowe opracowania OGC sięgają również po zastosowanie ogólnych technologii informatycznych. Obecna wersja robocza nowej usługi Web Feature Service, WFS 3.0, jest oparta na protokołach HTTP / HTTPS, GeoJSON i innych podstawowych technologiach.

GEOPORTAL FOR LENNÉ-PARKS IN POLAND USING EMERGING WEB MAPPING-TECHNOLOGIES

Aleksanda Flitta, Wolfgang Kresse

*Department of Geoinformatics,
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geodetic Sciences, Koszalin
University of Technology
wolfgang.kresse@tu.koszalin.pl*

Peter Josef Lenné was a German landscape architect in the first half of the 19th century. Most of his time Lenné worked in Prussia and thus designed several Parks on the Polish territory of today. Students of the Politechnika Koszalińska as well as of the University of Neubrandenburg collected data from several sources and programmed a web-portal on the basis of Leaflet. This portal contains over 50 locations in Poland. Depending on the available sources, additional information is provided such as the year of creation, former owners, or a picture of the original plan. The thesis of the Politechnika Koszalinaska student Aleksandra Flitta investigated the present shape of five of the parks, and found surprising results, from modern residential areas instead of a park to a perfect preservation of the original state, partly used as a zoo for more than 100 years.

The Leaflet-package serving the online-publication of maps consists of a JavaScript library and thus leaving the classical web-mapping world based on XML-technology and standardized by ISO/TC 211 and the Open Geospatial Consortium (OGC). However, new developments of the OGC also reach out for the application of general IT-technologies. The present draft-version of the new Web Feature Service, WFS 3.0, is built on HTTP/HTTPS, GeoJSON and other basic technologies.

**ANALIZA PORÓWNAWCZA CHMUR PUNKTÓW POZYSKANYCH
Z SYSTEMÓW FOTOGRAMETRYCZNYCH ZAMONTOWANYCH NA
BEZZAŁOGOWYCH PLATFORMACH LOTNICZYCH W KONTEKŚCIE
MODELOWANIA 3D BUDYNKÓW**

Anna Fryśkowska, Damian Wierzbicki, Aleksandra Grochala, Michał Kędzierski

*Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i
Rozpoznania Obrazowego, Wojskowa Akademia Techniczna,
anna.fryskowska@wat.edu.pl,
damian.wierzbicki@wat.edu.pl, aleksandra.grochala@wat.edu.pl,
michal.kedzierski@wat.edu.pl*

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się dokumentacji architektonicznej obiektów zabytkowych. Konieczność ich renowacji skłania architektów i konserwatorów zabytków do sporządzania dwu i trójwymiarowej bazy wektorowej, na podstawie której będzie możliwe odtworzenie stanu faktycznego obiektu. Dla znacznej większości przypadków do pozyskania danych wykorzystuje się Naziemne Skanery Laserowe, które charakteryzują się dużą dokładnością i rozdzielczością pozyskanej chmury punktów. Sposoby generowania cyfrowych modeli przestrzennych są w głównej mierze uzależnione od ich wymaganej szczegółowości i dokładności, a zatem także od rodzaju danych źródłowych koniecznych do ich tworzenia.

Celem poniższej publikacji jest analiza, czy dane pochodzące ze skanera zamontowanego na bezzałogowej platformie latającej oraz chmury punktów wygenerowane z danych obrazowych z BSL spełniają wymagania dla tworzenia modeli 3D budynków. Na część badawczą składa się analiza możliwości wykorzystania w/w danych do wykonania trójwymiarowego modelu budynku i ocena dokładności chmur punktów z różnych systemów fotogrametrycznych montowanych na BSL.

Do prac badawczych wykorzystano dane z platformy bezzałogowej *Ricopter*. Dane pozyskane były na wysokości 50-60m i przy niewielkiej prędkości. Chmury pozyskano z lotniczego skanera laserowego *RIEGL VUX-IUAV* oraz wygenerowano z danych obrazowych zarejestrowanych kamerą *Sony Alpha - 6000*. Chmury punktów ze zdjęć wygenerowano w oprogramowaniu *Agisoft PhotoScan*. Z uwagi na brak możliwości pozyskania terenowej osnowy fotogrametrycznej, fotopunkty pozyskano z danych Lotniczego Skaningu Laserowego.

Do analizy porównawczej przeanalizowano takie parametry chmur punktów jak: rozdzielczość, miąższość (szorstkość), a także poprawność geometrycznego

odwzorowania budynku. Opracowano także modele różnicowe pomiędzy danymi z lotniczego skaningu laserowego oraz chmurami punktów wygenerowanymi z danych obrazowych.

Wyższą dokładnością i szczegółowością charakteryzowały się dane lotniczego skaningu laserowego (rozrzut danych nie większy niż 1,5 cm), niższą zaś dane przetworzone w *Agisoft* (5,5 cm).

Ostatecznie przygotowane dane wykorzystano do wykonania modelu 3D obiektu budowlanego w oprogramowaniu *Revit Autodesk* i oceny jego kompletności.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CLOUD POINTS ACQUIRED WITH PHOTOGRAMMETRIC SYSTEMS MOUNTED ON UNMANNED AERIAL VEHICLES PLATFORMS IN THE CONTEXT OF 3D BUILDINGS MODELING

Anna Fryskowska, Damian Wierzbicki, Aleksandra Grochala, Michal Kedzierski

*Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Department of Remote Sensing,
Photogrammetry and Imagery Reconnaissance, Military University of Technology,
anna.fryskowska@wat.edu.pl, damian.wierzbicki@wat.edu.pl,
aleksandra.grochala@wat.edu.pl, michal.kedzierski@wat.edu.pl*

In recent years, more and more attention is devoted to architectural documentation of historic buildings. The necessity of their renovation encourages architects and conservators to create a two- and three-dimensional vector database, based on which it will be possible to reconstruct the actual state of the object. For the vast majority of cases, Terrestrial Laser Scanners are used to acquire data, which are characterized by high accuracy and resolution of the acquired point cloud. The methods of generating digital spatial models are largely dependent on their required detail and accuracy, and therefore also on the type of source data necessary to create them.

The purpose of the following publication is to analyze whether data from the scanner mounted on the UAV and point clouds generated from UAV imagery data meet the requirements for creating 3D building models. The research part consists of the analysis of the possibilities of using the aforementioned data to make a three-dimensional building model and the assessment of the accuracy of point clouds from various photogrammetric systems installed on the unmanned platform.

The research work was conducted using data from the *Ricopter* unmanned platform. The data was acquired at a height of 50-60m and at low speed. The point clouds were acquired from the *RIEGL VUX-1UAV* airborne laser scanner and generated from image data recorded with a *Sony Alpha - 6000* camera. Point clouds from images were generated in the *Agisoft PhotoScan*. Due to the lack of the possibility of obtaining a field photogrammetric network, the control points were obtained from the Airborne Laser Scanning data.

For the comparative analysis, the parameters of point clouds were analyzed, such as: resolution, thickness (roughness), as well as the correctness of the geometric representation of the building. Differential models were also developed between airborne laser scanning data and point clouds generated from image data. The highest accuracy and detail were characterized by airborne laser scanning data (data scattering no larger than 1.5 cm), while the lowest was data from *Agisoft* (5.5 cm).

Finally, the prepared data was used to perform the 3D model of the building object in the *Autodesk Revit* software and assess its completeness.

FOTOGRAMETRYCZNA PLATFORMA OPEN SOURCE GRAPHOS – BADANIE UŻYTECZNOŚCI, WYDAJNOŚCI I FUNKCJONALNOŚCI

Grzegorz Gabara, Piotr Sawicki

*Instytut Geodezji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
grzegorz.gabara@uwm.edu.pl, piotr.sawicki@uwm.edu.pl*

Fotogrametryczna rekonstrukcja obiektów 3D w szerokim spektrum zastosowań w bliskim zasięgu jest obecnie wykonywana na podstawie chmur punktów generowanych za pomocą technik gęstego dopasowywania obrazów (*dense matching*). W licznych komercyjnych lub darmowych programach najczęściej implementowane są zautomatyzowane metody: SfM (*Structure from Motion*) lub MVS (*Multi View-Stereo*), wraz z ich modyfikacjami. W pracy przedstawiono wyniki ewaluacji nowej fotogrametrycznej platformy obliczeniowej typu *open source* o nazwie GRAPHOS (inteGRAted PHOTogrammetric Suite), która została stworzona w ramach inicjatywy naukowej i pod auspicjami ISPRS. Praktyczne testy i wieloaspektową ocenę aplikacji przeprowadzono na podstawie wyników rekonstrukcji 3D w bliskim zasięgu budynku średniej wielkości. Rejestrację sieci 28. naziemnych, wielokrotnych zdjęć zbieżnych wykonano niemetryczną lustrzanką jednoobiektywową DSLR Nikon D5100. Fotopunkty oraz punkty kontrolne (32 punkty sztucznie sygnalizowane, 18 zdefiniowanych punktów naturalnych) zostały równomiernie rozmieszczone na obiekcie testowym. Punkty sieci geodezyjnej i fotogrametrycznej zostały pomierzone tachimetrem Leica TS30 w globalnym układzie współrzędnych obiektu. Wyrównanie przestrzennej sieci geodezyjnej 12. stabilizowanych punktów naziemnych przeprowadzono w programie GEONET. Dodatkowo, w celu pozyskania zestawu danych porównawczych, wykonano w programie Pictran wyrównanie bloku zdjęć metodą wiązek łącznie z kalibracją równoczesną aparatu cyfrowego Nikon D5100. Fotogrametryczną rekonstrukcję 3D obiektu przeprowadzono w programach: GRAPHOS oraz dodatkowo w Pix4Dmapper. Wizualizację i przetwarzanie wygenerowanych gęstych chmur punktów wykonano za pomocą aplikacji CloudCompare. Analiza obejmowała porównanie i ocenę parametrów cyfrowego przetwarzania, sprawdzenie wizualnej jakości wyników oraz ocenę dokładności chmur punktów 3D. W testowanych programach otrzymano wpasowanie na fotopunktach ze średnim odchyleniem standardowym $s_{xy} < 0.5$ piksela, przeciętną wartość średniokwadratowej odchyłki na fotopunktach $RMS_{\Delta XYZ} < 3$ mm oraz dokładność geometrycznej rekonstrukcji *as-built* obiektu 3D ze średnim błędem położenia punktu $m_{XYZ} < 4$ mm. Platforma *open source* GRAPHOS została również oceniona pod względem użyteczności, wydajności, efektywności, funkcjonalności systemu, graficznego interfejsu użytkownika (GUI) i potencjału edukacyjnego.

**PHOTOGRAMMETRIC OPEN SOURCE PLATFORM GRAPHOS
– TESTING OF THE USABILITY, PERFORMANCE AND FUNCTIONALITY**

Grzegorz Gabara, Piotr Sawicki

*Instytut Geodezji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
grzegorz.gabara@uwm.edu.pl, piotr.sawicki@uwm.edu.pl*

The photogrammetric reconstruction of 3D objects in a variety spectrum of applications in close range is currently performed based on point clouds generated by dense image matching techniques. The most commonly implemented methods in various commercial or free software are the automated SfM (Structure from Motion) and MVS (MultiView-Stereo) solutions with extensions. The paper presents the evaluation of the new photogrammetric open source platform called GRAPHOS (inteGRated PHOtogrammetric Suite), which has been developed within an ISPRS scientific initiative. The practical testing and assessment in various aspects was carried out based on the results of multi-view imagery 3D reconstruction of the close range medium size building. The non-metric DSLR Nikon D5100 camera was used to acquire the set of 28 terrestrial multiple convergent photos. The control points (32 artificially signalized and additionally defined 18 natural points) were uniformly located on the test object. The geodetic and photogrammetric network points were measured using Leica TS30 total station in the global object coordinate system. The spatial geodetic network adjustment of 12 stabilized ground points was carried out in the GEONET software. Additionally, to create the benchmark data set, the bundle block adjustment with camera self-calibration in the Pictran software package was performed. For the image based 3D object reconstruction the GRAPHOS and also Pix4Dmapper software were used. The comparison of generated dense point clouds was performed using CloudCompare application. The analysis was concerned with the comparison and assessment of digital processing parameters, checking the visual quality of the outputs and the evaluation of the 3D point clouds accuracy. The tested software allowed to the point matching on the control points with mean standard deviation $s_{xy} < 0.5$ pixel, mean adjustment RMS deviation $RMS\Delta_{XYZ} < 3$ mm and the as-built geometric 3D object reconstruction with the average points position error $m_{XYZ} < 4$ mm. Finally, the open source tool GRAPHOS was evaluated in terms of usability, performance, efficiency, system functionality, graphical user interface (GUI) and educational potential.

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA KAMERY SEMI-METRYCZNEJ I NIWELATORA W POMIARACH WYSOKOŚCIOWYCH NA OBIEKTACH INŻYNIERSKICH

Piotr Gołuch, Kazimierz Ćmielewski, Janusz Kuchmister

*Institut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
piotr.goluch@upwr.edu.pl, kazimierz.cmielewski@upwr.rdu.pl,
janusz.kuchmister@upwr.edu.pl*

W pracy przedstawiono nowy sposób wyznaczania różnic wysokości reperów zlokalizowanych w trudno dostępnych miejscach. Na obiektach inżynierskich często brak jest możliwości wykonania klasycznych pomiarów niwelacyjnych z uwagi na zbyt krótkie celowe do punktów kontrolowanych. Zaprezentowana metoda pomiarów możliwa jest do zastosowania na obiektach, gdzie występuje ograniczona dostępność do punktów pomiarowych, np. na szczelinach dylatacyjnych lub naturalnych, powstałych wskutek naruszenia struktury materiałowej obiektu inżynierskiego lub górotworu, w szybach windowych, galeriach pomiarowych zapór wodnych, na specjalistycznych liniach technologicznych w halach przemysłowych, itp.

Zaproponowana przez autorów metoda pomiarów różnic wysokości bazuje na fotogrametrii jednoobrazowej i niwelacji geometrycznej. W skład opracowanego zestawu pomiarowego wchodzi: cyfrowa kamera semi-metryczna, kodowe łąty niwelacyjne, wyświetlacz obrazu (np. tablet, ekran monitora, itp.) oraz niwelator elektroniczny. W czasie pomiarów na reperach reprezentujących szczelinę dylatacyjną ustawiane są lub mocowane kodowe łąty niwelacyjne. Na pojedynczym zdjęciu dokonujemy rejestracji obrazu z podziałami dwóch łąt. Wykonane na obiekcie zdjęcia mogą być przesyłane przewodowo lub bezprzewodowo, a następnie przetwarzane w pomieszczeniach technicznych obsługi obiektu. Dodatkowo w tym pomieszczeniu na słupie obserwacyjnym lub statywie ustawiony jest niwelator, za pomocą którego wykonywane są pomiary niwelacyjne na, odpowiednio wyświetlanych na ekranie np. tabletu, obrazach podziałów łąt. Przedstawiony sposób umożliwia określenie różnicy wysokości pomiędzy kontrolowanymi reperami.

Na podstawie założeń projektowych wykonano stanowisko testowe na którym przeprowadzono szereg eksperymentów. Wyniki oraz analizy przeprowadzonych prac badawczych, a także wysnute wnioski zostaną zaprezentowane w referacie / na posterze.

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF SEMI-METRIC
CAMERA AND DIGITAL LEVEL INSTRUMENT IN HEIGHT
MEASUREMENT ON ENGINEERING OBJECTS**

Piotr Gołuch, Kazimierz Ćmielewski, Janusz Kuchmister

*Institute of Geodesy And Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences*

*piotr.goluch@upwr.edu.pl, kazimierz.cmielewski@upwr.edu.pl,
janusz.kuchmister@upwr.edu.pl*

The paper presents a new method of determining height differences of two benchmarks located in hard to reach places. On engineering facilities, it is often impossible to make classic leveling measurements due to too short target distance to controlled points. The presented measurement method is possible to be used on facilities where there is limited access to measuring points, eg: dilatation or natural gaps, resulting from a material structure of the engineering object or rock mass, in lift shafts, water dam measuring galleries, on specialized technological lines in industrial halls, etc. The method of measuring height differences proposed by the authors is based on one-image photogrammetry and geometric leveling. The developed measurement set includes: a semi-metric digital camera, code leveling rods, an image display (eg a tablet, a monitor screen, etc.) and an digital leveling instrument. During the measurements on the benchmarks representing the gaps, the leveling rods are set or fixed. In a single image we record the barcode graduation of two rods. Captured photos on the object can be sent by wire or wireless, and then processed in the technical rooms of the facility's service. In addition, in this room, on the observation pole or tripod, a leveling instrument is set by means of which leveling measurements are carried out on, respectively displayed images of barcode graduation of tablet. The presented method makes it possible to determine the height difference between controlled benchmarks.

On the basis of design assumptions, a test stand was made on which a number of experiments were carried out. The results and analyzes of the research carried out, as well as the conclusions drawn will be presented in the paper.

DETEKCJA ZMIAN NA WYOSTRZONYCH ZOBRAZOWANIACH SATELITARNYCH

Aleksandra Grochala, Damian Wierzbicki, Michał Kędziński, Anna Fryškowska

*Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego, Wydział Inżynierii
Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa
(aleksandra.grochala;damian.wierzbicki;michal.kedziński;
anna.fryskowska)@wat.edu.pl*

Wysokorozdzielcze zobrazenia satelitarne są niejednokrotnie wykorzystywane do różnorodnych analiz zmian środowiskowych. W ostatnim dziesięcioleciu w wielu publikacjach proponowano wzmocnienie detekcji zmian poprzez fuzję wysokorozdzielczych obrazów panchromatycznych z obrazami wielospektralnymi o niższej rozdzielczości pozyskanymi przez ten sam sensor. W praktyce jednak często wykorzystuje się jedynie obrazy panchromatyczne z powodu ograniczonych nakładów finansowych lub ograniczonej dostępności zobrażeń wielospektralnych dla danej daty. Dlatego w niniejszym artykule rozważono fuzję wysokorozdzielczych obrazów panchromatycznych z powszechnie dostępnymi obrazami wielospektralnymi o niskiej rozdzielczości przestrzennej (głównie zarejestrowanych przez satelitę Landsat). Celem badań była ocena wpływu integracji takich zestawów zobrażeń na detekcję zmian. Artykuł zawiera przegląd metod integracji danych obrazowych pod kątem ich zastosowania w detekcji zmian, gdzie uwzględniono metody analityczno-statystyczne oraz bazujące na zamianie komponentów. Na podstawie badań, dla każdej metody wyostrenia obrazów, określono zależność pomiędzy spektralną i przestrzenną jakością integracji zobrażeń a wynikami procesu detekcji zmian. Ponadto, bazując na analizie głównych składowych, zweryfikowano, które kanały wyostrzonych obrazów wielospektralnych zawierają najwięcej informacji o zmianach dla różnego typu pokrycia terenu (obszar zabudowany i obiekty antropogeniczne, tereny uprawne, zadrzewienia).

Przeprowadzone badania wykazały, że do celów detekcji zmian zaleca się analityczno-statystyczne metody integracji zobrażeń, gwarantujące zachowanie wysokiej jakości spektralnej obrazów wyostrzonych. Zawartość informacji o zmianach w kolejnych kanałach obrazów wyostrzonych jest zależna od zastosowanej metody integracji oraz od charakteru terenu, na którym zmiany te wystąpiły. Z przeprowadzonej analizy głównych składowych wynika, że ponad 60% informacji o zmianach zawarte jest w kanałach z zakresu bliskiej i średniej podczerwieni. Zastosowanie kanałów satelity Landsat może istotnie wspomóc proces automatycznej detekcji zmian i umożliwić wyeliminowanie

błędnie rozpoznanych zmian, takich jak na przykład cienie obiektów wysokościowych w przypadku rejestracji porównywanych obrazów z różnym kątem wychylenia sensora. Wykonane badania potwierdziły, że wzmocnienie informacji spektralnej obrazów panchromatycznych pozwala na wzrost dokładności detekcji zmian w zakresie identyfikacji obiektów różnego typu.

CHANGE DETECTION IN SHARPENED SATELLITE IMAGES

Aleksandra Grochala, Damian Wierzbicki, Michal Kedzierski, Anna Fryskowska

*Department of Remote Sensing, Photogrammetry and Imagery Intelligence, Faculty of
Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology, Warsaw,
(aleksandra.grochala;damian.wierzbicki;michal.kedzierski;anna.fryskowska)
@wat.edu.pl*

High-Resolution satellite images are often used for analysis of various environmental changes. In the last decade, many researchers have proposed the fusion of high-resolution panchromatic images with low-resolution multispectral images acquired by the same sensor to support the change detection. In practice, however, only panchromatic images are often used due to limited financial expenditures or limited availability of multispectral images for a given date. Therefore, in this article, the fusion of high-resolution panchromatic images with commonly available multispectral images with low spatial resolution (mainly obtained by the Landsat satellites) was considered. The research aimed to assess the impact of the integration of such data fusion on the change detection process. The article contains an overview of image integration methods regarding their application in the change detection, where component-substitution-based methods and statistical methods were considered. Based on research the relationship between spectral and spatial quality of image integration and the results of the change detection process was determined for each pan-sharpening method. Moreover, based on the Principal Component Analysis it was verified, which channels of sharpened multispectral images contain the most information about changes of different types of land cover (urban area and anthropogenic objects, arable land, tree stands).

The research has shown that analytical and statistical methods of image integration are recommended for the change detection because they guarantee to maintain the high spectral quality of sharpened images. The information content of changes in subsequent channels of sharpened images depends on the integration method and the character of the terrain on which these changes occurred. The Principal Component Analysis shows that over 60% of information about changes is contained in the near and mid-infrared range. The use of Landsat satellite channels can significantly help the automatic change detection process and eliminate erroneously recognised changes such as shadows of high objects in the case of acquiring image data of the same area with a different inclination angle. The conducted research confirmed that implantation of spectral information into panchromatic images allows increasing the accuracy of change detection process.

OKREŚLENIE WYSOKOŚCI DRZEW UPRAWNYCH NA PODSTAWIE DANYCH SKANINGU LASEROWEGO POZYSKANYCH BEZZAŁOGOWYM STATKIEM LATAJĄCYM

Edyta Hadaś, Grzegorz Józków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski

*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Geodezji i Geoinformatyki,
(edyta.hadas, grzegorz.jozkow, agata.walicka, andrzej.borkowski)@upwr.edu.pl*

Dane lotniczego skaningu laserowego (ALS) są powszechnie wykorzystywane w leśnictwie do automatycznej estymacji parametrów dendrometrycznych drzew. Aktualne badania skierowane są na wykorzystanie osiągnięć leśnictwa w rolnictwie, w szczególności do inwentaryzacji sadów, co jest istotne dla efektywnego zarządzania i planowania zabiegów rolniczych. Wykorzystanie samolotu lub helikoptera dla stosunkowo niewielkich obszarów sadów jest ekonomicznie nieuzasadnione. Rozsądnym natomiast wydaje się wykorzystanie bezzałogowych statków latających (BSL), co wiąże się z wykorzystaniem lżejszych i mniejszych sensorów, a w konsekwencji z mniejszą dokładnością uzyskanej chmury punktów.

W naszych badaniach wykorzystaliśmy BSL wyposażony w skaner laserowy Velodyne HDL32-E w celu pozyskania danych i identyfikacji poszczególnych drzew w sadzie oraz wyznaczenia wysokości tych drzew. Gęstość otrzymanej chmury punktów wynosi 3200 punktów/m². Na obszarze testowym zawierającym ponad 600 drzew, dla wybranych 50, wykonaliśmy bezpośrednie pomiary terenowe lokalizacji pnia oraz wybranych parametrów dendrometrycznych, w tym wysokości drzewa i konturu korony.

Zaproponowaliśmy oryginalną strategię automatycznego opracowania danych ALS, która łączy algorytm alpha-shape, analizę głównych składowych (PCA) oraz zawarunkowane wykrywanie lokalnych minimów na profilach rzędów drzew. Przedstawiona metoda pozwoliła na poprawne zidentyfikowanie 99% drzew. Błąd RMSE wyznaczenia wysokości drzew z chmury punktów w porównaniu z pomiarami terenowymi wyniósł 9 cm, a współczynnik korelacji 0.96. Uzyskane wyniki potwierdzają słuszność wykorzystania danych LiDAR pozyskanych przy pomocy BSL na potrzeby inwentaryzacji sadów.

DETERMINING HEIGHTS OF AGRICULTURAL TREES FROM LASER SCANNING DATA OBTAINED WITH UNMANNED AERIAL VEHICLE

Edyta Hadaś, Grzegorz Józków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski

*Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Institute of Geodesy and
Geoinformatics,*

(edyta.hadas, grzegorz.jozkow, agata.walicka, andrzej.borkowski)@upwr.edu.pl

Airborne Laser Scanning (ALS) data is commonly used in forest management for automatic estimation of tree dendrometric parameters. Current research aim to adopt forestry achievements in agriculture, i.e. for orchard inventory, which is an important issue for agriculture planning and for the efficient management. However, from economical point of view, for orchard areas, that are relatively small, it is reasonable to use unmanned aerial vehicle (UAV) instead of a plane or a helicopter, which means that smaller and lighter sensors have to be used, that results in a lower accuracy of the obtained point cloud.

In our study we used UAV equipped with Velodyne HDL32-E sensor in order to collect ALS data, identify individual trees in orchard and determine their heights. We obtained LiDAR data of the average density of 3200 points/m². The test area covers over 600 trees and for selected 50 trees direct measurements of stem location and selected dendrometric parameters were performed, including tree height and crown contour.

We proposed original strategy of automatic ALS data processing that combines the alpha-shape algorithm, principal component analysis (PCA) and constrained detection of local minima on a row profile. We successfully identified 99% of trees. The RMSE of tree heights determined from the point clouds compared to field measurements was equal to 9 cm, and the correlation coefficient was 0.96. The results confirm the usefulness of LiDAR data from UAV platform in orchard inventory.

UDOSTĘPNIANIE MODELI 4D W INTERNECIE W RAMACH PROJEKTU CHT2

Beata Hejmanowska, Mariusz Twardowski, Agnieszka Struś, Kornelia Moskal

*AGH Kraków, galia,misiect@agh.edu.pl,
astrus93@gmail.com,kornelia.szafran@gmail.com*

Przedmiotem prezentacji są wyniki badań prowadzonych w ramach projektu projektu Cultural Heritage Through Time (CHT 2) przez konsorcjum międzynarodowe: Politecnico di Milano (lider projektu), Newcastle University, Salamanca University, Stowarzyszenie Naukowe im. S. Staszica. Projekt był realizowany w latach 2016-2018, informacje szczegółowe można znaleźć na stronie internetowej: <http://cht2-project.eu/>.

Celem projektu była integracja modeli 3D budynków, miast, krajobrazu na potrzeby wykorzystania w pracach związanych z monitorowaniem i zachowaniem kulturowego dziedzictwa narodowego. Badania prowadzono na 3 poziomach szczegółowości zgodnie ze standardami CityGML: LoD0 – poziom regionalny, krajobrazu, LoD1/LoD2 – skala miejska, LoD3 – skala architektoniczna, poziom szczegółowości - budynek (na zewnątrz).

Zgodnie z tym założeniem wybrane zostały 4 obszary testowe:

- Centrum Mediolanu (Włochy) – skala miejska
- Centrum historyczne miasta Avila (Hiszpania) – skala miejska/architektoniczna
- Mur Hadriana (UK) – skala regionalna
- Twierdza Kraków – skala architektoniczna

Partner polski był odpowiedzialny projekcie, oprócz zadań związanych z tworzeniem modeli 4 D dla wybranych fortów Twierdzy Kraków, głównie za publikacje modeli 4 D w Internecie. W pierwszym etapie przeprowadzono studia literaturowe na temat dostępnych metod wykorzystywanych obecnie do publikowania modeli 4D w Internecie. Następnie przeanalizowano potrzeby i wymagania związane z technologią udostępniania tych modeli w sieci. Ostatecznie wykonano różne testy praktyczne i stworzono stronę internetową: <https://cht2.eu/>, na której znajdują się udostępnione w Internecie modele 4D dla wszystkich partnerów projektu.

4D MODELS WEB SHARING IN CHT2 PROJECT

Beata Hejmanowska, Mariusz Twardowski, Agnieszka Struś, Kornelia Moskal

*AGH Kraków, galia,misiekt@agh.edu.pl,
astrus93@gmail.com,kornelia.szafran@gmail.com*

The subject of the presentation are the results of research conducted in the project Cultural Heritage Through Time (CHT 2) by an international consortium: Politecnico di Milano (project leader), Newcastle University, Salamanca University, Scientific Association. S. Staszica. The project was carried out in the years 2016-2018, detailed information can be found on the website: <http://cht2-project.eu/>.

The aim of the CHT2 project was to fully integrate the fourth dimension (4D) into Cultural Heritage studies for analysing structures and landscapes through time from landscape to architectural scale. The research was conducted on three levels of detail in accordance with CityGML standards: LoD0 - regional level, landscape, LoD1 / LoD2 - city scale, LoD3 - architectural scale, level of detail - building (outside).

According to this assumption, 4 test areas were selected:

- the city centre of Milan (Italy) – urban scale
- the Medieval walls and historic centre of Avila (Spain) - urban/architecture scale
- Hadrian’s Wall and its landscape (UK) – landscape scale
- Krakow – the Fortress City (Poland) - architecture scale

Polish partner SSSA was responsible mainly for 3D/4D model publication. First analysis of existing tools for 4D models web publications was carried out. Next the needs and requirements of created models in the context of web publications were identified. Finally web site was developed: <https://cht2.eu/>.

**MONITOROWANIE DEFORMACJI POWIERZCHNI TERENU
SPOWODOWANYCH AKTYWNOŚCIĄ GÓRNICZĄ NA OBSZARZE
GÓRNEGO ŚLĄSKA Z WYKORZYSTANIEM INTERFEROMETRII SAR**

Maya Ilieva¹, Kamila Pawluszek¹, Andrzej Kowalski², Piotr Gruchlik², Piotr Polanin², Andrzej Borkowski¹, Witold Rohm¹

¹ *Institut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, e-mail: maya.ilieva@upwr.edu.pl*

² *Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych, Główny Instytut Górnictwa, Katowice*

Obszar basenu węgla kamiennego na Górnym Śląsku, pokrywa powierzchnię prawie 1500 km² i jest jednym z największych pokładów węgla kamiennego w Europie. Pokłady te były intensywnie eksploatowane na przestrzeni ostatnich 200 lat co doprowadziło do istotnych osiadań powierzchni terenu, który w 40% należy do obszarów o najgęstszej urbanizacji w Polsce. Konwencjonalne i zaawansowane techniki radarowe są stosowane obecnie w badaniach na tym obszarze aby określić wielkość osiadania oraz aby pokazać przydatność tych metod do monitorowania dynamiki wydobycia. Spodziewane osiadania powierzchni terenu w związku z eksploatacją podziemną zależą od miąższości poszczególnych pokładów węgla, warunków geologicznych i poprzednich eksploatacji górniczych na danym obszarze. Innym czynnikiem determinującym typ oraz rozmiar osiadania jest metoda eksploatacji górniczej. W rejonie tym stosowana jest najczęściej metoda oparta na systemie długich ścian. Do systematycznego monitorowania tego obszaru wykorzystywane są dane Sentinel-1 pozyskane w latach 2017-2018. Rezultaty pokazują wyraźną korelację pomiędzy deformacją terenu określoną za pomocą InSAR a postępującą aktywnością górniczą na głębokości około 1000 m. Wyniki interferometrii weryfikowane są za pomocą bezpośrednich pomiarów niwelacji precyzyjnej. Wyniki deformacji z metody InSAR są również porównywane z wartościami deformacji predykowanymi dla danego obszaru na podstawie teorii Budryka-Knothego. W obecnym raporcie prezentowane są wyniki badań dla rejonów różnych kopalń: Wirek-II, Bytom i Rydułtowy-I.

INSAR MONITORING OF SURFACE DEFORMATIONS CAUSED BY MINING ACTIVITIES IN UPPER SILESIA REGION

Maya Ilieva¹, Kamila Pawluszek¹, Andrzej Kowalski², Piotr Gruchlik², Piotr Polanin², Andrzej Borkowski¹, Witold Rohm¹

¹*Institut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, e-mail: maya.ilieva@upwr.edu.pl*

²*Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych, Główny Instytut Górnictwa, Katowice*

The area of Upper Silesia Coal Basin (USCB) in Southern Poland covers almost 1500 km² and is one of the largest coal deposits in Europe. It was intensively explored in the last 200 years which leads to significant basin subsidence, 40% of which affects the most densely urbanized area of Poland. Conventional and advanced radar remote sensing techniques are applied in the current investigation in order to determine the rate of the subsidence as well as to demonstrate the capabilities of the method in monitoring of the extraction dynamics. The expected terrain subsidence according to the exploitation scenario depends on the thickness of the particular coal layer, geological conditions and old mining exploitation. Another deterministic parameter for the type and dimensions of subsidence is the exploitation method of the coal seams – the most common which applies among others in the region is the longwall system. A set of ESA's Sentinel-1 data acquired in the year 2017 and 2018 are used to form consequential monitoring of the area. The results clearly show correlation between the surface deformation detected by InSAR and the ongoing mining activities at a depth of about 1000 m. A verification of the results is performed using in-situ levelling measurements. Also the InSAR results are compared with the predicted vertical displacements based on Knothe-Budryk theory. In the current report we are presenting several examples of our study namely the mines Wirek-II, Bytom and Rydułtowy-I.

FUZJA DANYCH Z MISJI SENTINEL DO ROZRÓŻNIANIA WYBRANYCH UPRAW ROLNYCH

Agnieszka Jenerowicz, Romuald Kaczyński, Agata Orych, Olga Kolatorowicz

*Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego,
Instytut Geodezji, Wydział Inżynierii Lądowej i Teledetekcji,
Wojskowa Akademia Techniczna
agnieszka.jenerowicz@wat.edu.pl, romuald.kaczynski@wat.edu.pl*

Rozróżnianie oraz identyfikacja upraw rolnych z wykorzystaniem danych satelitarnych jest bardzo popularna oraz wykorzystywana w wielu dziedzinach życia już od kilkudziesięciu lat. Rozpoznawanie oraz monitoring użytków rolnych oparte jest zarówno na wykorzystaniu teledetekcji pasywnej jak i aktywnej. Optyczne jak i radarowe dane satelitarne mogą służyć nie tylko do identyfikacji gatunków roślin, ale także do szacowania plonów, oceny produkcji rolnej, rolnictwa precyzyjnego, itp.

Celem przeprowadzonych badań jest identyfikacja i rozróżnianie gatunków upraw rolniczych, będący pierwszym etapem bez którego monitoring jakościowy i ilościowy upraw nie może być prowadzony. W ramach badań wykorzystano satelitarne dane optyczne i radarowe typu *open-source*, pozyskane przez satelity Sentinel-1 oraz Sentinel-2. Wykorzystanie danych pozyskanych przez różne rodzaje sensorów pozwolił na przeprowadzenie analizy przydatności danych optycznych i radarowych do rozróżniania i identyfikacji upraw rolnych.

Badania przeprowadzone dla wybranego obszaru w prowincji Kastylii i Leon w Hiszpanii pozwoliły na rozpoznanie kilku upraw rolnych, m.in. kukurydzy, pszenicy, buraków cukrowych, lucerny, rośliny strączkowych, ryżu, etc. Dane z sensorów satelitów Sentinel-1 oraz Sentinel-2 przed przeprowadzeniem analiz zostały poddane odpowiednim korekcjom radiometrycznym oraz geometrycznym w celu zapewnienia jak najlepszej wiarygodności otrzymanych wyników rozpoznania upraw rolnych.

Proces rozróżnienia oraz identyfikacji upraw rolnych został przeprowadzony w trzech podejściach: indywidualnie dla danych optycznych- z wykorzystaniem klasyfikacji (m.in. klasyfikacja obiektowa, SVM oraz SAM) oraz wskaźników spektralnych (NDVI, RATIO, etc.), oraz dla danych radarowych- z wykorzystaniem klasyfikacji (SVM, klasyfikacja obiektowa) oraz samodzielnie opracowanych wskaźników. Dodatkowo przeprowadzono integrację danych pozyskanych przez satelity Sentinel-1 oraz Sentinel-2 z wykorzystaniem metod *pan-sharpening* (metodami PCA oraz Grama- Schmidta), dzięki czemu możliwa była identyfikacja upraw rolnych na podstawie równoczesnej

analizy własności spektralnych, rozproszenia wstecznego i tekstualnych badanych roślin (wykorzystano m.in. klasyfikację obiektową). Wyniki uzyskane z trzech podejść umożliwiły wyłonić najlepszą metodę do rozróżniania i identyfikacji upraw rolnych.

Uzyskane wyniki pozwoliły zauważyć, że każde z podejść ma swoje wady i zalety. Odróżnienie upraw dla danych optycznych odbywa się przez analizę odbicia w kanałach czerwonym i bliskiej podczerwieni, które jest zależne od wewnętrznej struktury liści, pigmentacji, wilgotności, natomiast dane radarowe skupiają się na szorstkości podłoża, gęstości pokrywy, orientacji poszczególnych części roślin. Synergia danych optycznych i radarowych pozwala na uzyskanie wyników o wyższej dokładności, ponieważ w wyniku fuzji danych nastąpiło zwiększenie i uzupełnienie informacji oraz wzmocnienie rozróżnialności gatunków roślin.

Przeprowadzone badania nad możliwościami rozróżniania gatunków upraw na podstawie zintegrowanych danych optycznych (Sentinel-2) oraz radarowych (Sentinel-1) są ważne dla gospodarki, środowiska czy polityki rolniczej. Praktycznym zastosowaniem wyników może być m.in. tworzenie gminnych, wojewódzkich lub powiatowych statystyk upraw rolniczych, wykorzystanie zaprezentowanych metod rozpoznania i rozróżniania upraw do kontroli rolników w przypadku uzyskania dopłat z Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR), jako miernik bezpieczeństwa żywnościowego zarówno w skali lokalnej jak i globalnej. Aktualne dane na temat występujących upraw na danym obszarze są niezbędne do realizacji zadań zaopatrzenia rynku wewnętrznego oraz zewnętrznego.

SYNERGETIC USE OF SENTINEL DATA FOR DISTINGUISHING CROPS

Agnieszka Jenerowicz, Romuald Kaczyński, Agata Orych, Olga Kolatorowicz

*Department of Remote Sensing Photogrammetry and IMINT,
Institute of Geodesy, Faculty of Civil Engineering and Geodesy,
Military University of Technology
agnieszka.jenerowicz@wat.edu.pl, romuald.kaczynski@wat.edu.pl*

Distinguishing and identification of crops using satellite data is very popular and has been used in many areas of life for several decades. Recognition and monitoring of agricultural areas are based on the use of both passive and active remote sensing. Optical and radar satellite data can be used not only to identify plant species but also to estimate yields, evaluate agricultural production, and precision agriculture.

The study aims to identify and distinguish species of crops, as the first step without monitoring the quality and quantity of crops cannot be carried out. The research involved the use of open-source optical and radar satellite data acquired by the Sentinel-1 and Sentinel-2 satellites. The use of data obtained by various types of sensors allowed for the analysis of the suitability of optical and radar data for distinguishing and identification of crops.

Research conducted for a selected area in the province of Castile and Leon in Spain permitted for recognition of several crops, including corn, wheat, sugar beet, alfalfa, legumes, rice, etc. Data from sensors Sentinel-1 and Sentinel-2 satellites were pre-processed (appropriate radiometric and geometric corrections were conducted) to ensure the best credibility of the obtained results of the identification of crops.

The process of distinguishing and identification of crops was carried out in three approaches: individually for optical data - using classification (including object classification, SVM and SAM) and spectral indices (NDVI, RATIO, etc.), and for radar data - using classification (SVM, object classification) and indices build for microwave data. In addition, data from by Sentinel-1 and Sentinel-2 were fused using pan-sharpening methods (PCA and Gram-Schmidt pan-sharpening) and then used to identify crops by simultaneous analysis of spectral properties, backscattering and textual research of plants. The results obtained from three approaches made it possible to select the best method for identifying crops.

The results obtained allowed to notice that each of the approaches has its advantages and disadvantages. The distinction of crops for optical data is made by spectral reflectance coefficients analysis in red and near-infrared channels, which is dependent

on the internal structure of leaves, pigmentation, humidity, while radar data are focused on the roughness of the substrate, cover density, orientation of individual parts of plants. The synergy of optical and radar data allows obtaining results of higher accuracy, because as a result of data fusion, information has been increased and supplemented, and the distinction of plant species has been strengthened.

Research on the possibilities of distinguishing crop species based on integrated optical (Sentinel-2) and radar data (Sentinel-1) is essential for the economy, the environment and agricultural policy. The obtained results can be used to create agricultural crop statistics, control purposes, or as a measure of food security both on a local and global scale. The actual data on existing crops in a given area is necessary for the implementation of the internal and external market supply tasks.

**DETEKCJA DEFORMACJI POWIERZCHNI TERENU NA PODSTAWIE
MODELI RÓŻNICOWYCH UTWORZONYCH Z DANYCH LOTNICZEGO
SKANINGU LASEROWEGO ORAZ DANYCH POZYSKANYCH PRZEZ
BEZZAŁOGOWY SYSTEM LATAJĄCY**

Grzegorz Józków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski

*Institut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
(grzegorz.jozkow, agata.walicka, andrzej.borkowski)@upwr.edu.pl*

Podziemna eksploatacja górnicza wywołuje duże, niemal graniczące z pewnością, ryzyko wystąpienia znacznych deformacji powierzchni terenu skutkujących stratami materialnymi, szczególnie na terenach zurbanizowanych. Klasyczne techniki bezpośrednich pomiarów geodezyjnych pozwalają na monitorowanie deformacji powierzchni terenu jedynie w sposób dyskretny na wybranych punktach. Wysokorozdzielcze lotnicze dane teledetekcyjne pozwalają w szczególności na tworzenie ciągłych numerycznych modeli powierzchni, a w konsekwencji modeli różnicowych, które potencjalnie mogą być wykorzystane w celu powierzchniowego monitoringu deformacji. Nie wszystkie zmiany wysokości na modelach różnicowych spowodowane są jednak deformacjami, co utrudnia wyznaczenie wiarygodnych osiadań na podstawie tych modeli. Niniejsza praca ma na celu opracowanie metodologii pozwalającej na detekcję jedynie osiadania terenu na modelach różnicowych. W tym celu na podstawie chmur punktów: lotniczego skaningu laserowego, laserowego skaningu BSL i gęstego dopasowania obrazów BSL utworzone zostały NMT oraz NMPT oraz modele różnicowe. W wyniku analizy modeli różnicowych posiadając się NMPT oraz ortomozaiką stwierdzono, że powierzchnie, na których w najłatwiejszy i najbardziej wiarygodny sposób można wyznaczyć osiadanie terenu są to drogi utwardzone oraz połączenia dachów. Wyznaczone na tych powierzchniach osiadanie terenu dla obszaru testowego osiągnęło wartości rzędu $-0,5$ m w okresie niecałych 7 lat. Stwierdzono również, że roślinność ma istotny negatywny wpływ na wyznaczenie stopnia osiadania terenu na podstawie modeli różnicowych nie tylko w przypadku wykorzystania chmur punktów powstałych z gęstego dopasowania obrazów, ale również chmur punktów skaningu laserowego BSL. Przyczyną tego faktu jest po części mniejsza dokładność wewnętrzna tych danych w porównaniu do danych fotogrametrycznych.

**DETECTION OF TERRAIN SURFACE DEFORMATIONS BASED ON
DIFFERENTIAL MODELS CREATED FROM AIRBORNE LASER SCANNING
DATA AND DATA COLLECTED WITH UNMANNED AERIAL SYSTEM**

Grzegorz Józków, Agata Walicka, Andrzej Borkowski

¹*Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences, (grzegorz.jozkow, agata.walicka, andrzej.borkowski)@upwr.edu.pl*

Underground mining causes a large, almost unquestionable risk of significant terrain deformations that result in economical losses, especially in urbanized areas. Typical land surveying techniques allow to monitor terrain deformations only in a discrete manner at selected points. High resolution airborne remote sensing data can be used to create continuous digital terrain surface models, and consequently, differential models which can be potentially utilized in surface deformation monitoring. However, not every change present in differential model is caused by terrain surface deformation. This issue poses a problem in determining reliable terrain subsidence from differential model. This work aims at developing the methodology that allows to detect only terrain subsidence in differential models. The investigation was executed based on three types of data: point clouds collected using airborne and UAS laser scanning, and point cloud created by means of UAS image dense matching. These point clouds were used to create DSM and DTM, and subsequently, differential models. The analysis of differential models with the help of orthomosaic showed that the most reliable surfaces for terrain subsidence estimation are paved roads and roof surfaces. Terrain subsidence for the test area reached -0.5 m during almost 7 years. The analysis showed that vegetation has negative influence on determining terrain subsidence magnitude in differential models created also from UAS laser scanning data. The reason is that internal accuracy of UAS laser scanning data is lower than in the case of photogrammetric data.

MONITORING OSUWISK NA PODSTAWIE FOTOGRAMETRII NISKIEGO PUŁAPU

Krzysztof Karwacki

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Bezzałogowe statki powietrzne (ang. unmanned aerial vehicles, UAV) znajdują coraz to szersze zastosowania w życiu codziennym. Często zdarza się, że urządzenia te wyposażone są w kamerę optyczną co sprawia, że można je wykorzystywać do fotogrametrii niskiego pułapu. Metodę tą zastosowano przy monitorowaniu powierzchni terenu na osuwiskach wykorzystując urządzenie firmy DJI Phantom 4 Advance. Statek powietrzny wyposażony jest w aparat fotograficzny umożliwiający wykonywanie zdjęć o rozdzielczości 20 megapikseli. Naloty fotogrametryczne zrealizowano między innymi na aktywnym osuwisku w Kasince Małej. Opracowanie fotogrametryczne pozyskanych zdjęć oparto na podstawie sygnalizowanej i niesygnalizowanej wykorzystującej szczegóły terenowe. Przeprowadzone modelowanie z wykorzystaniem danych fotogrametrycznych pokazało obszary o zmiennej dynamice i różnej aktywności w obrębie osuwiska.

LANDSLIDE MONITORING BASED ON LOW ALTITUDE AERIAL PHOTOGRAMMETRY.

Krzysztof Karwacki

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) find a wider and application in daily life. UAV are often equipped in a camera which makes it possible to use them for low altitude photogrammetry. This method has been used for monitoring surface area in landslides using DJI Phantom 4 Advance device. UAV is equipped in a camera enabling taking photos with 20 megapixels resolution. Photogrammetry flight missions have been carried out among others in the active landslide in Kasinka Mała. Photogrammetric processing of the photos taken has been based on the ground control. A digital terrain model and orthophotomap showing the changes have been done. This analysis with photogrammetric data has shown areas with varying dynamics and different activity within the landslide.

**BADANIE DEFORMACJI TERENU METODĄ FOTOGRAMETRYCZNĄ NA
PRZYKŁADZIE OSUWISKA W MILÓWCE**

Krzysztof Karwacki, Zbigniew Perski;

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Fotogrametria jest jedną z podstawowych metod wspierających geologów w rozpoznawaniu i monitorowaniu zagrożeń geologicznych. Do najgroźniejszych tego typu procesów w naszym kraju należą osuwiska, które uaktywniając się bardzo często powodują ogromne straty materialne. Kluczową rolę odgrywa wtedy monitoring geodezyjny pozwalający określić tempo zsuwu mas ziemnych. Wykorzystanie w tym aspekcie zobrażeń lotniczych umożliwia analizę przemieszczeń w dłuższym okresie czasowym. Dobrym obiektem do przeprowadzenia takiej analizy jest osuwisko w Milówce, które uruchomiło się we wrześniu 2010 roku niszcząc kilka budynków mieszkalnych i gospodarczych, a także linie przesyłowe oraz ciągi komunikacyjne. Do modelowania aktywności osuwiska wykorzystano zdjęcia lotnicze z 2009 roku oraz numeryczny model terenu (NMT 1m) z 2011 roku. Na podstawie zdjęć z 2009 roku wygenerowano chmurę punktów, a następnie NMT przedstawiający sytuację na stoku sprzed epizodu osuwiskowego. Pozyskane dane pozwoliły wygenerować modele różnicowe pokazujące wielkość przemieszczeń pionowych. Na podstawie ortofotomap o różnej aktualności wyznaczono wektory przemieszczeń poziomych pokazujące zmienny kierunek zsuwu mas ziemnych.

**RESEARCH ON TERRAIN DEFORMATION USING THE
PHOTOGRAMMETRIC METHOD THE LANDSLIDE IN MILÓWKA
EXAMPLE.**

Krzysztof Karwacki, Zbigniew Perski;

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Photogrammetry is one of the basic methods of supporting geologists in recognizing and monitoring geohazards. In Poland the most dangerous process of this type is a landslide which cause huge materials losses. In such cases terrain monitoring, which enables to define the speed of a landslide, plays the key role. Using aerial photos allows the analysis of displacement in a longer period of time. A good study case for such an analysis is the landslide in Milówka, which got activated in September 2010 damaging a few buildings, transmission lines and roads. The aerial photos taken in 2009 as well as the 2011 digital terrain model have been used for the landslide activity analysis. On the basis on the photos from 2009 a point cloud has been generated followed by the digital terrain model showing the land situation on the slope before the landslide happened. The acquired data has allowed to generate difference models pointing out vertical displacements. Using the orthophotomaps changes, horizontal displacement vectors pointing out the changing direction of the slides of rock masses have been generated.

KLASYFIKACJA DANYCH Z LOTNICZEGO SKANINGU BATYMETRYCZNEGO ALGORYTMEM RANDOM FOREST

Tomasz Kogut, Marlena Weistock

*Katedra Geoinformatyki,
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, Politechnika Koszalińska*

Pomiary topografii morza są jednym z głównych zadań organizacji hydrograficznych na świecie. Rozwój transportu morskiego i związany z nim wzmożony ruch statków powoduje, że dużą uwagę poświęca się zapewnieniu bezpieczeństwa, poprzez okresowy monitoring dna morskiego na szlakach nawigacyjnych statków. Wystąpienie ewentualnej katastrofy w ruchu morskim może skazić środowisko na długie lata.

Nowoczesne skanery laserowe rejestrują pełny kształt fali odbitej od obiektu (celu). Przetworzenie jej pozwala na pozyskiwanie informacji o powierzchni wody, słupie wody i dnie oraz obiektach na nim.

Celem badań była klasyfikacja danych z lotniczego skaningu batymetrycznego metodą Random Forest. Proces klasyfikacji przeprowadzono wykorzystując dane pozyskane ze sztucznej rafy Rosenort położonej na Morzu Bałtyckim ok. 25 km na północ od miasta Rostock (Niemcy). Dane wykorzystane w badaniach, zostały pozyskane w ramach realizacji projektu „Badanie wykorzystania lotniczego skaningu batymetrycznego w pomiarach hydrograficznych”, który realizowany był przez Niemiecką Agencję Żeglugi Morskiej w Rostoku i Instytut Fotogrametrii i Geoinformacji Uniwersytetu Leibniza w Hanowerze.

Przeprowadzono klasyfikację w środowisku Matlab w dwóch niezależnych podejściach. W pierwszym sklasyfikowano całą chmurę punktów, w drugim chmurę punktów z wyłączeniem punktów należących do powierzchni wody. W obu tych podejściach zastosowano trzy kombinacje wektora cech, które poddane zostały klasyfikacji algorytmem Random Forest i przypisane do jednej z trzech klas - powierzchnia wody, dno, obiekt. Skuteczność klasyfikacji przy zastosowaniu każdego z nich zweryfikowano poprzez opracowane macierze błędów. Otrzymana dokładność klasyfikacji dla punktów na obiektach w zależności od wybranego wektora cech wynosi ok 60%.

CLASSIFICATION OF THE AIRBORNE LASER BATHYMETRY DATA BY RANDOM FOREST

Tomasz Kogut, Marlena Weistock

*Department of Geoinformatics,
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geodetic Sciences, Koszalin
University of Technology*

Measurements of the topography of the sea floor are one of the main tasks of hydrographic organizations all over the world. Development of maritime transport and heavy ship traffic associated with it leads to increased attention paid to ensure safety through periodic monitoring of the seabed for ship navigation routes. The occurrence of any disaster in maritime traffic can contaminate the environment for years.

Modern laser scanners record full waveform reflected from the object (target). Its transformation allows to obtain information about the water surface, water column, seabed and the objects on it.

The purpose of the research was to classify the data from airborne laser bathymetry by Random Forest method. The classification process was conducted using data obtained from the artificial reef Rosenort located in the Baltic Sea about 25 km north of the city of Rosstock (Germany). The data used for our research was obtained in the project ‘Investigation on the use of airborne laser bathymetry in hydrographic surveying’, carried out in the frame of a cooperation of the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) of Germany and the Institute of Photogrammetry and GeoInformation, Leibniz Universität Hannover (Germany).

The classification was carried out in two independent approaches in the Matlab. In the first one, a whole point cloud was classified, in the second one, point cloud was classified with the exclusion of points belonging to the water surface. In both approaches, three combinations of vector traits were used, which were classified and assigned to one of three classes - water surface, bottom, object. The classification’s efficiency of using each of them was verified by developed confusion matrix. The obtained accuracy of classification for points on objects, depending on the selected vector of features, is about 60%.

KOREKCJA ATMOSFERYCZNA OBRAZÓW SATELITARNYCH LANDSAT I SENTINEL 2 – PORÓWNANIE WYBRANYCH NARZĘDZI

Piotr Kramarczyk¹, Beata Hejmanowska¹, Ewa Głowienka²

¹ AGH Kraków, gorgany100@o2.pl, galia@agh.edu.pl

² Politechnika Świętokrzyska, eglo@interia.pl

Europejski satelita Sentinel 2, odpowiednik amerykańskiego Landsata 8 dostarcza danych od 2015. Ideą przedsięwzięcia UE było udostępnienie danych satelitarnych bez opłat, co spowodowało, że również Landsat 8 został z nich zwolniony. Zapoczątkowało to prawdziwy boom na wykorzystanie danych satelitarnych w różnych dziedzinach. Powstały aplikacje internetowe do przeglądania on-line obrazów satelitarnych, dopiero co zarejestrowanych i historycznych, dostępne są kompozycje barwne oraz podstawowe wskaźniki. Przykładem mogą być aplikacje: Sentinel Playground (<https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinel-playground>) oraz Landsat app (<https://learn.arcgis.com/en/projects/get-started-with-imagery/app/>). Mobilna aplikacja Sentinel Copernicus pozwala śledzić przelot satelity na smartphonie.

Zainteresowanie obrazami satelitarnymi wzrosło nie tylko dlatego, że są one darmowe, ale także w związku z tym, że zwiększyła się częstotliwość rejestracji i praktycznie prawie co 2 dni jest dostępny obraz z któregoś satelity. Pojawia się zatem możliwość monitoringu z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych. Oznacza to konieczność porównywania i wspólnej analizy obrazów wieloczasowych. Jest to możliwe jedynie po wykonaniu standaryzacji. Taką metodą standaryzacji jest wstępne przetwarzanie obrazów w celu usunięcia zakłócającego wpływu atmosfery. Równocześnie dokonuje się obliczenia nie tylko radiancji rejestrowanej przez sensor ale oblicza się współczynnik odbicia, który jest niezależny od momentu rejestracji (pory roku, warunków oświetlenia). Usunięcie efektu atmosfery można wykonać wykorzystując modele atmosfery lub pomiary spektrometryczne in-situ.

W ramach referatu zostaną zaprezentowane wyniki badań narzędzi do usuwania efektu atmosfery. Przetestowano różne narzędzia i modele atmosfery: plug-in QGIS Semi Automatic Classification (model DOS), ARCSI.PY (model 6s), PCI (model MODTRAN), ENVI (FLAASH). Do porównania został wykorzystany obraz Landsat8 po korekcji atmosferycznej USGS (produkt on-demand).

ATMOSPHERIC CORRECTION OF LANDSAT AND SENTINEL 2 – COMPARISON OF SELECTED TOOLS

Piotr Kramarczyk¹, Beata Hejmanowska¹, Ewa Głowienka²

¹ *AGH Kraków, gorgany100@o2.pl, galia@agh.edu.pl*

² *Politechnika Świętokrzyska, eglo@interia.pl*

Satellite Sentinel 2, corresponding to Landsat 8 provides data from 2015. The idea of the EU project Copernicus was to provide satellite data without fees, which meant that Landsat 8 was also released from them. It started a real boom in the use of satellite images in various fields. Created Internet applications for online viewing of satellite images, just registered and historical, color compositions and basic indicators are available. Some applications can be mentioned: Sentinel Playground (<https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinel-playground>) and Landsat app (<https://learn.arcgis.com/en/projects/get-started-with-imagery/> / app /). The mobile Sentinel Copernicus application allows you to follow the satellite flight on your smartphone.

Interest in satellite images has increased not only because they are free, but also due to the fact that the frequency of registration has increased and almost every 2 days there is an image available from one satellite. Monitoring using remote sensing becomes to be more real than in the past. It means we need to compare and analyse multitemporal images. This is possible only after standardization, which can be done in image pre-processing for removing disturbing influence of the atmosphere. At the same time, not only the radiance recorded by the sensor is calculated, but also the reflection coefficient is calculated which is independent of the moment of registration (season, Sun illumination). Atmospheric effect removal can be done using atmospheric models or in-situ spectrometric measurements.

The paper will present the results of research on tools for removing the atmosphere effect. Various tools and models of the atmosphere were tested: QGIS Semi Automatic Classification plug-in (DOS model), ARCSI.PY (model 6s), PCI (MODTRAN model), ENVI (FLAASH). For comparison, the Landsat8 image was used after atmospheric correction USGS (on-demand product).

OKREŚLANIE CECH I PARAMETRÓW DRZEWOSTANÓW NA PODSTAWIE STATYSTYK CHMUR PUNKTÓW Z DOPASOWANIA CYFROWYCH ZDJĘĆ BSP ORAZ LOTNICZEGO SKANOWANIA LASEROWEGO

Grzegorz Krok, Piotr Wężyk

*Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Instytut Zarządzania
Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada
46; 31-425 Kraków; e-mail: p.wezyk@ur.krakow.pl*

Lotnicze Skanowanie Laserowe (ang. ALS) na przestrzeni ostatnich lat zrewolucjonizowało szeroko pojęty monitoring środowiska, w tym procesy inwentaryzacji lasu i aktualizacji baz danych przestrzennych (domena geometryczna: map cyfrowych oraz atrybutowa: bazy opisowe). W ostatniej dekadzie również technologie fotogrametryczne na styku z analizą obrazu (w tym techniki pasowania zdjęć; ang. image matching) powoli odzyskują swe znaczenie w aspekcie automatycznego dostarczania danych służących modelowaniu 3D. W prezentowanej pracy porównano możliwości wykorzystania chmur punktów ALS w stosunku do chmury wygenerowanej algorytmem pasowania zdjęć lotniczych oraz zdjęć pozyskanych przez platformę Bezzałogowego Statku Powietrznego (BSP; ang. UAV). Badaniami objęto drzewostany jakie znajdowały się w pobliżu inwestycji drogowej w okolicach Warszawy. Porównywano ze sobą następujące statystyki chmur punktów: średnią wysokość drzewostanów (Hme), maksymalną wysokość drzew w drzewostanie (Hmax) oraz tzw. percentyle wysokości względnej punktów w chmurze (p60, p90, p95, p99). Porównania dokonano dla fragmentu Nadleśnictwa Drewnica (RDLP Warszawa) w dwunastu grupach stratyfikacyjnych drzewostanów, utworzonych na podstawie: typu drzewostanu (d-stany: iglaste, liściaste, mieszane) oraz stopnia zwarcia koron drzew (zwarcie: luźne, przerywane, umiarkowane, pełne). W pracy wykazano prawidłowość, iż wraz ze wzrostem zwarcia koron drzew średni błąd kwadratowy (RMSE) maleje dla statystyk: Hmax, p90, p95, p99 – w przypadku dla drzewostanów iglastych, liściastych oraz mieszanych. Wszystkie z analizowanych statystyk, w każdym z przetwarzanych zestawień były mocno ze sobą skorelowane, o czym świadczy współczynnik Spearman’a (0,81 - 0,95). Wyniki osiągnięte w pracy dają podstawę do stwierdzenia, iż rynek usług z wykorzystaniem platform BSP w zakresie inwentaryzacji lasu będzie wciąż rósł do czego przyczynia się brak spadku cen na dane ALS. Szczególnie w przypadku niezbyt rozległych obszarów 10-100ha platformy BSP ze względu na dużą mobilność ich przemieszczania i niewysoki koszt usług znajdują swoją niszę w oferowaniu usług z zakresu inwentaryzacji lasu.

KONWOLUCYJNE SIECI NEURONOWE W ROZPOZNAWANIU OBIEKTÓW NA DANYCH LOTNICZYCH

Zdzisław Kurczyński, Mateusz Bielecki

*Politechnika Warszawska,
zdzislaw.kurczynski@pw.edu.pl, geomat.bielecki@gmail.com*

Nowoczesne techniki pozyskiwania geodanych lotniczych i satelitarnych, charakteryzujących się bardzo dużą ilością danych oraz coraz większa częstotliwość ich pozyskiwania sprawiają, że problemem staje się ich opracowanie. Kluczem do rozwiązania tego problemu jest automatyzacja procesu opracowania. Automatyzacja technologii fotogrametrycznych jest dobrym przykładem takiego trendu. Ale nie wszystko poddaje się automatyzacji, trudno wyeliminować niektóre kosztowne czynności manualne, np. proces pozyskiwania precyzyjnych map wektorowych.

Od kilku lat następuje szybki rozwój algorytmów sztucznej inteligencji w różnych dziedzinach nauki i praktyki. Zwiększające mogą być moce obliczeniowe komputerów sprawiają, że deterministyczne algorytmy matematyczne są zastępowane przez stochastyczne algorytmy potrafiące opisać skomplikowaną, intuicyjną oraz subiektywną strukturę świata rzeczywistego.

Algorytmy takie nie znajdowały jak dotąd szerokiego zastosowania w opracowaniach fotogrametrycznych, zdominowanych przez ścisłe algorytmy matematyczne, trudno zastępowane przez algorytmy sztucznej inteligencji. Tę sytuację mogą zmienić tzw. konwolucyjne sieci neuronowe, będące częścią zbioru algorytmów sztucznej inteligencji. Sieci te bazują na danych wyjściowych dających się przedstawić w formie dwuwymiarowych rastrów, które poddawane są przekształceniom z użyciem różnorodnych filtrów. Czyni to ten rodzaj sieci bardzo atrakcyjnym dla ekstrakcji informacji jakościowej z danych lotniczych i satelitarnych, takich jak zdjęcia wielospektralne, dane skaningu laserowego, dane hiperspektralne i inne, dające się przedstawić w formie map rastrowych.

Referat przybliży techniki konwolucyjnych sieci neuronowych w rozpoznawaniu obiektów na danych lotniczych. Rozwiązanie to pozwala na stworzenie detektorów mogących precyzyjnie opisać takie dane, a następnie wykorzystać ich pełny potencjał, bez znajomości referencyjnych - "pól treningowych."

Autorzy stworzyli oraz zaprogramowali koncepcję systemu potrafiącego z wysoką precyzją wykrywać, opisywać oraz segmentować wybrane klasy obiektów terenowych. W ten sposób system generuje, w sposób automatyczny, precyzyjną mapę wektorową rozpoznawanych obiektów z dokładnością porównywalną do dokładności manualnej pracy człowieka.

CONVOLUTION NEURAL NETWORKS IN DETECTION OF OBJECTS ON AERIAL DATA

Zdzisław Kurczyński, Mateusz Bielecki

*Warsaw University of Technology,
zdzislaw.kurczynski@pw.edu.pl, geomat.bielecki@gmail.com*

Modern techniques of acquisition of the aerial and satellite geodata, are characterized by a very large amount of data and the increasing frequency of their acquisition, it makes a problem with elaboration them. The key to solve this problem is the automation of the development process. Automation of photogrammetric technologies is a good example of such a trend. But not everything is subjected to automation, it is difficult for example, to automatize the process of acquiring precise vector maps.

For the few years are developing rapidly the artificial intelligence algorithms in various fields of science and practice. The increased computational powers of computers make possible the replacement of deterministic mathematical algorithms by stochastic ones that can describe the complex, intuitive and subjective structure of the real world.

Such algorithms have so far not been widely used in photogrammetric studies, dominated by strict mathematical formulas, difficult replaced by artificial intelligence algorithms. This situation can change the so-called convolutional neural networks, being part of the set of algorithms of artificial intelligence. These networks are based on input data that can be presented in the form of two-dimensional rasters, which are subject of transformations with the use of various filters. It makes this type of network very attractive for the extraction of qualitative information from aerial and satellite data, such as multispectral images, laser scanning data, hyperspectral data and others, which can be presented in the form of raster maps.

The paper presents the techniques of convolutional neural networks in recognizing objects on aerial data. This solution allows to create detectors that can accurately describe such data, and then use their full potential, without the knowledge of referenced "training fields."

The authors created and programmed the concept of a system capable of detecting, describing and segmenting selected classes of terrain objects with high precision. In this way, the system automatically generates a precise vector map of recognized objects with accuracy comparable to the accuracy of manual human work.

ZASTOSOWANIE KAMERY IMERSYJNEJ W MOBILNYM SYSTEMIE KARTOWANIA 3D

Karol Kwiatek, Regina Tokarczyk

*Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, Wydział Geodezji
Górnictwej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,*

Skaner laserowy obok systemów pozycjonowania satelitarnego jest jednym z podstawowych elementów systemów mobilnych (np. Topcon IP-S3, Leica Pegasus), jednak ten sensor znacząco zwiększa koszty konstrukcji MMS. Dlatego, niekiedy stosuje się systemy oparte jedynie o obrazy z tradycyjnej kamery umieszczonej na samochodzie lub innych pojazdach.

Obecnie powszechne zastosowanie w systemach MMS znajdują kamery imersyjne, pozwalające rejestrować obraz o 360° polu widzenia. Obrazy imersyjne w pomiarach fotogrametrycznych traktowane są zwykle jako obrazy z panoram sferycznych, głównie ze względu na oprogramowanie służące do tych pomiarów. Użycie modelu sferycznego do obrazowania imersyjnego powoduje występowanie kilku błędów geometrii tego modelu, z których najistotniejsze to: błąd paralaksy, wynikający z niego błąd łączenia, błąd epipolarny oraz błąd lokalizacji i związany z nim błąd przestrzennego wcięcia w przód. Minimalizacja tych błędów wymaga odpowiedniego postępowania w wyborze punktów pomiarowych, doboru parametrów tworzenia panoram i geometrii sieci pomiarowej. W pracy przedstawiono metody kalibracji zarówno laboratoryjnej jak i polowej użytego MMS, składającego się z kamery imersyjnej Ladybug 3 oraz z systemu GNSS i jednostki SPAN umieszczonych na samochodzie. Zaprezentowano metodykę optymalizacji pomiaru fotogrametrycznego z platformy MMS z wykorzystaniem integracji georeferencji bezpośredniej uzyskanej za pomocą pomiaru GPS/INS z georeferencją uzyskaną z sieci zdjęć imersyjnych. Utworzono następujące warianty sieci panoram imersyjnych:

1. z georeferencją pośrednią obliczoną na podstawie znajomości 13 fotopunktów (georeferencja pośrednia) – pomiar referencyjny dla EOZ;
2. z georeferencją bezpośrednią wprowadzoną do wyrównania sieci (georeferencja bezpośrednia z wyrównaniem);
3. z georeferencją bezpośrednią na początku i na końcu sieci, (tzw. „tunel”);
4. z georeferencją bezpośrednią bez wyrównania, wcięcia z poszczególnych par panoram.

Eksperymenty pomiarowo obliczeniowe udowodniły, że połączenie georeferencji bezpośredniej z wyrównaniem sieci zdjęć pozyskanych z kamery imersyjnej znacząco podnosi dokładność wyznaczenia trajektorii ruchu kamery jak i dokładność fotogrametrycznych pomiarów.

APPLICATION OF IMMERSIVE CAMERA IN MOBILE MAPPING SYSTEM 3D

Karol Kwiatek, Regina Tokarczyk

*¹ Chair for Geoinformation, Photogrammetry and Remote Sensing,
Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering,
AGH University of Science and Technology in Cracow*

The laser scanner, alongside satellite positioning systems, is one of the basic elements of mobile systems (eg. Topcon IP-S3, Leica Pegasus), however, this sensor significantly increases the cost of MMS construction. Therefore, systems based only on images from a traditional camera placed on a car or other vehicles are often used. Currently, immersive cameras are commonly used in MMS systems and enable recording images with a 360° field of view. Immersive images in photogrammetric measurements are usually treated as images from spherical panoramas, mainly due to the software used for these measurements. The use of a spherical model for immersive imaging causes several geometry errors of this model, the most important of which are: parallax error, resulting merging error, epipolar error, location error and spatial forward intersection error. Minimizing these errors requires proper selection of measuring points, parameters for creating panoramas and geometry of the measurement network. The paper presents methods of both laboratory and field calibration of the MMS used, consisting of the Ladybug 3 immersive camera and the GNSS system and the SPAN unit placed on the car. The methodology of optimization of photogrammetric measurement from the MMS platform is also presented in the form of the integration of direct georeferencing (obtained by means of GPS / INS measurements) with the indirect georeferencing (obtained from the immersive imaging network). The following variants of the immersion panorama network have been created:

1. indirect georeferencing calculated on the basis of the knowledge of 13 GCP (indirect georeference) - reference measurement for exterior orientation;
2. direct georeferencing introduced to network alignment (direct georeferencing with alignment);
3. direct georeferencing at the beginning and at the end of the network (so-called "tunnel");
4. direct georeferencing without alignment, intersections from individual pairs of panoramas.

Measurement and computational experiments proved that the combination of direct georeferencing with the network alignment of images obtained from the immersion camera significantly increases the accuracy of determining the trajectory of camera motion as well as the accuracy of photogrammetric measurements

WYKORZYSTANIE SPORTOWYCH KAMER XIAOMI W INWENTARYZACJI OBIEKTÓW DZIEDZICTWA KULTURY

Jakub Markiewicz

*Zakład Fotogrametrii Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydział
Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska, e-mail: jakub.markiewicz@pw.edu.pl*

Jednym z głównych celów inwentaryzacji i pomiarów obiektów zabytkowych, oprócz wykonania aktualnej dokumentacji, jest możliwość rekonstrukcji ich kształtu, stanu zachowania, bądź kolorystyki powierzchni. Obecnie do tego celu wykorzystuje się dwie metody pomiaru, tj. metody aktywne oraz pasywne. Metody aktywne bazują na emitowanym w kierunku badanego obiektu wiązkę określonego typu promieniowania, a w rezultacie analizy otrzymanego wyniku uzyskuje się informację o mierzonej powierzchni. Metody pasywne wykorzystują promienie świetlne, rejestrowane przez detektor. Charakterystycznymi cechami tych systemów są uniwersalność zastosowań, wysoka dokładność i wiarygodność opracowania oraz zaawansowany stopień automatyzacji pomiarów. Niemniej jednak, posiadają one zarówno wady, jak i zalety.

Współczesne oprogramowanie fotogrametryczne służące do przetwarzania zdjęć opiera się na algorytmach bazujących na połączeniu metod powszechnie stosowanych w widzeniu maszynowym oraz algorytmów wykorzystywanych w klasycznych opracowaniach fotogrametrycznych (SfM/MVS). Połączenie obu podejść pozwala na orientowanie i przetwarzanie danych w sposób w pełni automatyczny, z wysoką dokładnością i gęstością danych.

Rozwój i upowszechnienie tanich kamer (tj. telefony komórkowe, cyfrowe aparaty kompaktowe lub kamery sportowe) przyczyniły się do uznania ich również za niezawodne źródło danych, pozwalające na generowanie wiarygodnej i zarazem dokładnej dokumentacji różnych obiektów dziedzictwa kulturowego.

W artykule przedstawiono badania i eksperymenty związane z analizą możliwości wykorzystania sportowych kamer Xiaomi w inwentaryzacji obiektów dziedzictwa kultury. Testy przeprowadzono w dwóch zabytkowych salach w barokowym Pałacu Bielińskich w Otwocku Wielkim, charakteryzujących się różną strukturą i skomplikowaniem geometrycznym. Proces orientacji zdjęć przeprowadzono w oprogramowaniu Agisoft PhotoScan, a analizy wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania opartego na API Agisoft'u oraz aplikacji Matlab. W badaniach sprawdzono m.in.:

- jakość radiometryczną i geometryczną zdjęć pozyskanych z taniej kamery,

- wpływ oświetlenia i korekcji zdjęć na poprawność procesu orientacji zdjęć,
- wielkość skali punktów charakterystycznych,
- wartość błędów orientacji wzajemnej (reprojection error) dla poszczególnych zdjęć,
- wartości błędów reprojection error na punktach osnowy i kontrolnych,
- wpływ filtracji potencjalnych punktów wiążących na dokładność orientacji zdjęć przy różnych założeniach (tj. usuwanie punktów wykrytych na krańcach zdjęć).

W wyniku przeprowadzonych analiz udowodniono, że pomimo wielu wad i ograniczeń sportowych kamer Xiaomi, przy odpowiednim przetworzeniu zdjęć w oprogramowaniu Agisoft możliwe jest ich wykorzystanie do inwentaryzacji obiektów dziedzictwa kulturowego.

THE EXAMPLE OF USING XIAOMI ACTION CAMERAS IN CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION

Jakub Markiewicz

*Division of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems, Faculty
of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, e-mail:
jakub.markiewicz@pw.edu.pl*

One of the main goal of cultural heritage monuments investigation is not only the preparation of current documentation, but also the possibility to analyse the shape and conditions of a building or its surface colouring.

For that purpose methods of 3D shapes measurements are applied, basing on active and passive techniques. Selection of an appropriate measuring technique determines the way of data acquisition and processing as well as development of documentation. Both, the active (TLS) and passive (image-based approach) techniques have such advantages as versatility of applications, high accuracy and reliability; but they also have many disadvantages.

Popular software packages dedicated to processing different types of images utilise algorithms based on combination of methods commonly applied in Computer Vision (CV), as well as in typical photogrammetric methods. Those algorithms allow for automatic generation of textured 3D surface models based on a sequence of images, without any prior knowledge concerning objects or the camera.

The recent development of low-cost photography such as mobile phones, digital compact cameras or action cameras are now becoming reliable sources of data which allow to create reliable and accurate documentation of different types of cultural heritage objects..

The aim of this paper was to analyse the possibility of using the Xiaomi camera for investigations of the cultural heritage monuments. The subject of the study were two baroque chambers of different geometry and radiometric complexity located in the Bieliński Palace in Otwock Wielki, near Warsaw. In order to perform orientation and analysis of images the application based on Agisoft PhotoScan API and Matlab software was prepared. The following factors were considered:

- geometric and radiometric quality of images acquired by low-cost cameras,
- the influence of illumination on the image orientation process,
- the key-point scale,

- the value of the reprojection error on each image,
- the value of the reprojection errors on control and check points,
- the RMSE value on control and check points,
- the influence of the tie point filtration on the bundle adjustment.

As a result of performed analyses it has been proved that - despite many disadvantages and limitations of Xiaomi action cameras - it is possible to use them for development of the cultural heritage documentation when appropriate image processing using Agisoft API is performed.

METODY WYKRYWANIA LINII ENERGETYCZNYCH NA OBRAZACH FOTOGRAMETRYCZNYCH

Sławomir Mikrut¹, Agnieszka Struś¹, Ewa Głowienka²

¹ *Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, {smikrut@agh.edu.pl; astrus@agh.edu.pl}*

² *Katedra Geotechniki, Geomatyki i Gospodarki Odpadami, Politechnika Świętokrzyska, eglo@interia.pl*

Celem przeprowadzonych eksperymentów było pokazanie wyników badań nad wykorzystaniem autorskich algorytmów detekcji cech (w tym wypadku krawędzi) na obrazach cyfrowych w wybranych zagadnieniach fotogrametrycznych. Problemem naukowym postawionym przez autorów jest zaproponowanie autorskich algorytmów, które pozwolą na automatyzację procesu detekcji krawędzi pod kątem różnych zastosowań. Jest to niezwykle istotna tematyka, ze względu na rosnące w obecnych czasach zapotrzebowanie na automatyzację wszelkich procesów wektoryzacji i rozpoznawania obiektów na obrazach cyfrowych. Prace autorów od lat skupiają się na praktycznym wykorzystaniu algorytmów detekcji cech. W tym opracowaniu zaprezentowano wyniki badań w automatycznym wykrywaniu napowietrznych linii energetycznych na obszarach pozyskanych metodami fotogrametrii niskopułapowej. W niniejszej pracy autorzy zaprezentowali również stan badań prowadzonych na świecie w różnych ośrodkach naukowo-badawczych, ze szczególnym uwzględnieniem problemów na jakie napotyka się przy tego typu pracach i jakimi metodami zostało to rozwiązane.

Autorzy zaprezentowali również skuteczność działania autorskich algorytmów na przykładach praktycznych.

Prezentowane algorytmy opierają się głównie o podpikselową analizę obrazu, a także na wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. Algorytmy te rozwijane są od lat w Katedrze Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie. Uzyskane wyniki potwierdzają podpikselową dokładność stosowanych metod oraz ich przydatność praktyczną. Rozwiązania te są od lat stosowane w różnych projektach naukowo-badawczych prowadzonych w Katedrze, a fotogrametria niskopułapowa do celów wykrywania linii energetycznych jest kolejnym przykładem ich stosowania. Automatyzacja tych procesów pozwoli także na praktyczne wykorzystanie fotogrametrii w kolejnym obszarze badań i zastosowań praktycznych.

METHODS FOR DETECTION OF POWER LINES ON PHOTOGRAMMETRIC IMAGES

Sławomir Mikrut¹, Agnieszka Struś¹, Ewa Glowienka²

¹ *Department of Geoinformation, Photogrammetry and Environmental Remote Sensing, AGH University of Science and Technology Krakow, {smikrut@agh.edu.pl; astrus@agh.edu.pl}*

² *Department of Geotechnical Engineering, Geomatics and Waste Management, Kielce University of Technology, eglo@interia.pl*

The aim of the experiments was to show the results of the research on the use of authors' algorithms for the detection of features (in this case the edges) on digital images in selected photogrammetric problems. The scientific problem presented by the authors is to propose own algorithms that will allow the automation of the edge detection process for various applications. This is an extremely important topic, due to the growing demand in the present times for the automation of all vectorization and recognition processes of objects on digital images. The authors' work has focused on the practical use of feature detection algorithms for years. This study presents the results of the automatic detection of overhead power lines on images acquired using low-ceiling photogrammetry methods. In this work, the authors also presented the state of research conducted in the world in various research centers, with particular emphasis on the problems encountered in this type of work and which methods have been solved.

The authors also presented the effectiveness of the author's algorithms on practical examples. Obtained results confirming the accuracy of the sub-pixel methods confirming their usefulness. The presented algorithms are based mainly on sub-pixel image analysis, as well as on the use of artificial neural networks. These algorithms have been developed for years in the Department of Geoinformation, Photogrammetry and Remote Sensing of the AGH University of Science and Technology in Krakow. Analytical solutions have been used for many years in various scientific and research projects carried out at the Department, and in low-ceiling photogrammetry for detecting power lines is another example of their application. Automation of these processes will also allow the practical use of photogrammetry in the next area of research.

WYKORZYSTANIE DANYCH SATELITARNYCH SENTINEL-1/2 W MONITORINGU UPRAW ROLNICZYCH NA POTRZEBY GŁÓWNEGO URZĘDU STATYSTYCZNEGO

**Magdalena Mleczko¹, Marek Mróz¹, Przemysław Slesiński², Ilona Pawłowska¹,
Damian Rembalski¹**

¹ *Instytut Geodezji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 10-719 Olsztyn ul.
Oczapowskiego 1, marek.mroz@uwm.edu.pl*

² *Urząd Statystyczny w Olsztynie, 10-555 Olsztyn ul. Kosciuszki 78/82,
p.slesinski@gmail.com*

Program COPERNICUS wygenerował bezprecedensową sytuację w Polsce, Europie i na świecie w zakresie zastosowań teledetekcji dostarczając ogromnego wolumenu danych pozyskiwanych przez satelity serii Sentinel. Jednym z ważniejszych zastosowań gospodarczych i komercyjnych jest statystyka rolnicza i kartografia obszarów rolnych w różnych aspektach tematycznych. Oprócz klasyfikacji upraw i obliczenia ich areалу, GUS oczekuje np. na ocenę stanu przezimowania zbóż. W urzędowym kalendarzu GUSu zawarte są obowiązkowe daty publikowania biuletynów statystycznych z określonymi kategoriami informacji.

W pracy prezentujemy wyniki klasyfikacji wieloczasowego zbioru obrazów Sentinel-1 A/B dla obszaru powiatu kętrzyńskiego (woj. warmińsko-mazurskie) z sezonu 2017, której celem było ustalenie możliwości wyodrębnienia zdefiniowanych przez GUS rodzajów upraw rolniczych, obliczenia ich areálu i oceny dokładności tematycznej i planimetrycznej tego procesu.

Wieloczasowa seria danych S-1 została poddana redukcji i dekorelacji trzema metodami oraz podzielona na podzbiory okresowe wynikające z ww. kalendarza. Dane radarowe S-1 były potraktowane jako zbiór zasadniczy i powtarzalny corocznie, natomiast dane S-2 (optyczne) wykorzystano jako zbiór komplementarny do oceny kondycji upraw na podstawie wskaźników roślinnych. Istotnym elementem procesu klasyfikacji było wykorzystanie danych zawartych w bazach ARiMR do utworzenia pól treningowych i kontrolnych oraz danych terenowych GUS do ponownej walidacji wyników. W referacie omawiamy etapy, problemy, zalety i wady zaproponowanego podejścia.

THE USE OF SENTINEL-1/2 DATA IN AGRICULTURAL MONITORING FOR THE DEMANDS OF THE POLISH STATISTICAL OFFICE

**Magdalena Mleczko¹, Marek Mróz¹, Przemysław Slesiński², Ilona Pawłowska¹,
Damian Rembalski¹**

¹ *Institute of Geodesy, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 10-719 Olsztyn ul.
Oczapowskiego 1, marek.mroz@uwm.edu.pl*

² *Statistical Office Olsztyn, 10-555 Olsztyn ul.Kosciuszki 78/82, p.slesinski@gmail.com*

Programme COPERNICUS has created an unprecedented advantage in Poland, Europe and the World for the development of operational applications of remote sensing providing an enormous dataset of Sentinel(s) data. One of the most important economic and commercial applications is agricultural statistics and agricultural landscape mapping for variable thematic purposes. Besides of crops classification and mapping of their acreage, the Main Statistical Office (in Polish - GUS) is demanding the information on the status of winter crops at the beginning of the spring (overwintering). The formal calendar of GUS indicates the dates when obligatory bulletins have to be published and specific agricultural information announced. The results of classification of multitemporal Sentinel-1 A/B dataset for Kętrzyn county for 2017 vegetation season are presenting in the paper. The purpose of the classification was the determination of possibility of identification and mapping the crops which are demanded by GUS. The results of the thematic and planimetric accuracy are also presented. Multitemporal Sentinel-1 dataset has been reduced and decorrelated with three methods and next split into the subsets corresponding to GUS calendar „milestones”. Sentinel-1 time series were considered as a main and yearly repetitive dataset, whereas Sentinel-2 (optical) data was exploited as a complementary dataset for the assessment of the crops growth conditions through vegetation indices. The essential element of the classification process was the exploitation of official geodatabases from ARMA agency for training and check parcels establishing. For the second validation the results of in-situ visits made by GUS staff were used. The stages, problems, advantages and disadvantages of the proposed approach are presented in the paper.

**ZASTOSOWANIE METOD FOTOGRAMETRII I TELEDETEKCJI VNIR Z
PLATFORMY UAS W OBSERWACJACH REZULTATÓW WIELOLETNIICH
POLOWYCH DOŚWIADCZEŃ ROLNICZYCH: PRZYKŁAD ZPD BAŁCYN**

Marek Mróz¹, Przemysław Slesiński², Magdalena Mleczo¹, Tadeusz Sadowski³

¹ *Instytut Geodezji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 10-719 Olsztyn ul.
Oczapowskiego 1, marek.mroz@uwm.edu.pl*

² *Urząd Statystyczny w Olsztynie, 10-555 Olsztyn ul.Kosciuszki 78/82,
p.slesinski@gmail.com*

³ *Katedra Agroekosystemów, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, 10-719
Olsztyn ul. Plac Łódzki 3*

Stosowanie metod teledetekcji w badaniach rolniczych ma długą tradycję. Koncentracja chlorofilu w liściach, wskaźnik ulistnienia LAI lub biomasa są obiektem badań przy wykorzystaniu refleksyjności spektralnej roślin w zakresie widzialnym i podczerwieni. Mniej lub bardziej zaawansowane wskaźniki roślinne jak szerokopasmowy NDVI lub wąskopasmowy REP i inne były intensywnie badane dla różnych roślin i upraw. Z drugiej strony techniki teledetekcji były wykorzystywane w kartowaniu zachwaszczenia, deficytu wody, skutków suszy czy innych anomalii wzrostu roślin. Bardzo dynamiczny rozwój systemów bezzałogowych ułatwia częste pozyskiwanie danych wielo-, super- i hiperspektralnych z rozdzielczością geometryczną kilku centymetrów. Cyfrowa fotogrametria zaś umożliwia prawie automatyczne tworzenie trójwymiarowych modeli uprawy. Łączenie informacji spektralnej wyrażonej w formie wielu wskaźników roślinnych z informacją o wysokości roślin daje nowy i syntetyczny „ogład” wyników stosowanych form uprawy. Obszar testowy stanowiły poletka doświadczalne różnych gatunków i odmian roślin uprawnych, na których stosowano zróżnicowane dawki nawozów i środków ochrony roślin. Głównym celem pracy było obserwowanie skutków uprawy wieloletnich monokultur w porównaniu do łąnów, na których stosowano zmianowanie i zalecane zabiegi uprawowe. Poster przedstawia wyniki zintegrowanego zastosowania: i) zdjęć RGB o rozdzielczości 2x2 cm do fotogrametrycznego wytworzenia trójwymiarowych modeli upraw metodami SfM, ii) zdjęć superspektralnych pozyskanych w zakresie VNIR z rozdzielczością 6x6cm do obliczenia serii wskaźników roślinnych na obszarze wieloletnich doświadczeń polowych. Klasyfikacja obiektowa (OBIA) pozwoliła na skartowanie części parcel doświadczalnych charakteryzujących się zmiennymi wskaźnikami roślinnymi, stanami zachwaszczenia, zmienną wysokością i zwartością wynikającą z odmiennych systemów uprawowych.

THE USE OF UAS PHOTOGRAMMETRY AND UAS/VNIR REMOTE SENSING FOR THE OBSERVATIONS OF THE EFFECTS OF LONG-TERM AGRICULTURAL EXPERIMENTS: ZPD BALCZYNY CASE STUDY.

Marek Mróz¹, Przemysław Slesiński², Magdalena Mleczek¹, Tadeusz Sadowski³

¹ *Institute of Geodesy, University of Warmia and Mazury in Olsztyn 10-719 Olsztyn ul. Oczapowskiego 1, marek.mroz@uwm.edu.pl*

² *Statistical Office in Olsztyn, 10-555 Olsztyn ul. Kosciuszki 78/82, p.slesinski@gmail.com*

³ *Department of Agroecosystems, University of Warmia and Mazury in Olsztyn 10-719 Olsztyn ul. Plac Lodzki 3*

The application of remote sensing methods in agricultural studies has a long tradition. Mainly the leaf chlorophyll concentration (LCC), leaf area index (LAI) and biomass are objects of investigations based on spectral reflectance of the plants in visible and infrared spectrum. More or less sophisticated vegetation indices like broadband NDVI or narrowband REP and the others have been extensively used in the past for different crops studies. On the other hand the remote sensing images have been exploited in invasive species mapping, water stress investigations and growth anomalies. Recent and very dynamic development of unmanned aerial systems (UAS) facilitates frequent acquisitions of multi-, super-, and hyperspectral images with the geometric resolution of few centimeters. Furthermore, digital aerial photogrammetry enables creating 3D models of the crops. Merging spectral information expressed in the form of several vegetation indices with the information about the height of plants gives new and synthetic view of the results of farming practices. The area of interest has been composed with several crops and varieties where different herbicide and fertilizers rates were applied. The main goals were the observations of multiannual monocultures growth comparing to crops with rotations and good management practices. The poster present the results of joint use of: i) RGB photos taken with the pixel size of 2 cm for 3D crops model generation by photogrammetric means, ii) superspectral images taken with the pixel size of 6cm in VNIR spectrums for vegetation indices calculation on the area of long-term agricultural experiments. The object based image classification (OBIA) permitted to map the parcels and plots characterized by variable vegetation indices, variable height and texture resulting from different management practices and cultivation measures.

OPTIMALIZACJA PARAMETRU SKALI WSKAŹNIKA POZYCJI TOPOGRAFICZNEJ

Tomasz Oberski

*Katedra Geoinformatyki,
Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji, Politechnika Koszalińska*

Wskaźnik pozycji topograficznej (TPI) jest szeroko stosowany w wielu badaniach. W analizach geomorfologicznych okazał się przydatny do klasyfikacji form ukształtowania terenu. Jest chętnie wykorzystywany w geologii, przy tworzeniu map glebowych i określaniu pochodzenia gleb z uwzględnieniem atrybutów topograficznych. Znalazł zastosowanie w zagadnieniach hydrologicznych dotyczących spływu wód powierzchniowych oraz jego wpływu na gleby, a także w gospodarce leśnej gdzie jest wykorzystywany jako parametr porównawczy dla dodatkowych analiz. Na podstawie wskaźnika TPI obliczany jest wskaźnik BPI (ang. *Bathymetric Position Index*) wykorzystywany przy opracowaniu map batymetrycznych dna morskiego. Wskaźnik TPI zestawia wysokość komórki NMT w postaci modelu GRID, ze średnią wysokością komórek sąsiednich w zadanym otoczeniu. Podstawowym problemem związanych ze stosowaniem wskaźnika TPI jest określenie obszaru otoczenia badanej komórki NMT wyrażonej za pomocą wielkości promienia obszaru otoczenia, nazywanego w literaturze skalą wskaźnika. Generalnie TPI dla małej skali pozwala wytypować lokalne zjawiska, natomiast przy dużej skali możliwe jest wyodrębnienie tylko większych form ukształtowania terenu. Użytkownicy muszą dobierać wielkość promienia determinującego powierzchnię otoczenia w sposób eksperymentalny, tak aby miała ona ścisły związek ze zjawiskiem poddawanym analizie oraz specyfiką terenu, co nie zawsze okazuje się możliwe. Przeprowadzone badania ukazują możliwości wykorzystania analizy statystycznej w opartej na regresji logistycznej w celu wyboru optymalnej wartości skali wskaźnika. Optymalizację wartości skali przeprowadzono dla jednej kategorii ukształtowania terenu określonej według podziału z zastosowaniem wskaźnika TPI oraz nachylenia terenu. Zastosowana metoda umożliwiła dobór wartości skali w taki sposób aby wyodrębnione formy ukształtowania terenu były trafne.

OPTIMIZATION OF TOPOGRAPHIC POSITION INDEX SCALE PARAMETER

Tomasz Oberski

*Department of Geoinformatics,
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geodetic Sciences, Koszalin
University of Technology*

The Topographic Position Index (TPI) is widely used in many studies. It has been used in geomorphological analyzes for landform classification. It is eagerly used in geology and in soil maps creation as well as determining the origin of soils. There are lots of applications in hydrological issues regarding runoff of surface water and its impact on soils, as well as in forest management where it is used as a comparative parameter for additional analyzes. TPI was a base for Bathymetric Position Index which has been used to develop bathymetric maps of the seabed. The TPI compares height of each DTM cell, with the average height of its neighbouring cells in given area. The basic problem associated with the use of the TPI is to determine correct area of the surroundings cells, expressed by the size of the radius of the ambient area. The size of surrounding in the literature is called the scale of TPI. Generally, TPI with small scale allows to identify local small landforms, while the larger scales allows to isolate only larger landforms. Users have to choose the size of the radius according to ground surface type in an experimental way, so that it should have a close relationship with the subject and the specificity of the area. It is not easy and often such an experimental way doesn't give satisfying results. The conducted research shows the possibilities of using statistical analysis to select the optimal value of the TPI scale. The optimization of the scale value was carried out for one landform category from the landform classification using based on TPI and slope of the area. The applied method proved support of statistical analysis for choosing correct scale value in such a way that the extracted landforms are accurate.

WPLYW KONTRASTU TERMICZNEGO CELU KALIBRACYJNEGO NA DOKŁADNOŚĆ WYZNACZANIA GRD SENSORA TERMOWIZYJNEGO

Agata Orych, Agnieszka Jenerowicz, Piotr Walczykowski, Maciej Rosłoń

*Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego,
Instytut Geodezji, Wydział Inżynierii Lądowej i Teledetekcji,
Wojskowa Akademia Techniczna
agata.orych@wat.edu.pl, agnieszka.jenerowicz@wat.edu.pl,
piotr.walczykowski@wat.edu.pl, maciekr@poczta.onet.pl*

W ostatnich latach nastąpił ogromny postęp w dziedzinie teledetekcji, zarówno w aspekcie sprzętowym, wykorzystywanych procesów i metod przetwarzania, jak również możliwych zastosowań pozyskanych danych. Mimo to, obrazujące sensory termalne są nadal sensorami o stosunkowo niskiej rozdzielczości przestrzennej z uwagi na ograniczenia techniczne i aspekty ekonomiczne związane z produkcją matryc o dużej liczbie pikseli. Głównym zastosowaniem sensorów termalnych jest pomiar temperatury. W celu odczytania rzeczywistych wartości temperatury kinetycznej badanych obiektów, zazwyczaj wykonuje się korekcję radiometryczną. Istnieją jednak zastosowania, w których wyższa rozdzielczość przestrzenna oraz możliwość jej precyzyjnego wyznaczenia są niezbędne. Do takich zastosowań należą analizy wojskowe w ramach ogólnie rozumianego rozpoznania obrazowego. Lotnicze zobrazowania termalne wykorzystywane są do pozyskiwania informacji, które nie byłyby możliwe do uzyskania za pośrednictwem tradycyjnych sensorów pozyskujących zobrazowania w zakresie widzialnym. Precyzyjne wyznaczenie terenowej zdolności rozdzielczej pozwala na określenie rzeczywistych możliwości sensora wykorzystywanego podczas lotów, co w następstwie pozwala na bardziej efektywne ich planowanie. Znajomość tego parametru sensora umożliwia określenie jaka będzie rozdzielczość przestrzenna pozyskanych podczas lotu zobrazowań, a bazując na tej informacji możliwe jest takie zaplanowanie lotu, aby zagwarantować widoczność wszystkich obiektów zainteresowania.

Precyzyjne wyznaczenie terenowej zdolności rozdzielczej sensora termowizyjnego opiera się na analizie obrazów specjalnie skonstruowanych celów kalibracyjnych. Oczywistym jest, że cele te muszą spełniać szczegółowe wymagania dotyczące ich parametrów geometrycznych, jednakże głównym aspektem zainteresowania Autorów niniejszego artykułu jest aspekt własności emisyjnych poszczególnych elementów składających się na cel kalibracyjny. Przebadano wpływ zmiennych parametrów emisyjnych, które przyczyniły się do powstania różnych kontrastów na powierzchni celu kalibracyjnego, na dokładność wyznaczenia terenowej zdolności rozdzielczej sensorów termowizyjnych. Dokładność ta została rozpatrzona dwojako - zarówno pod kątem dokładności wyznaczenia rozdzielczości na podstawie celów o różnych kontraście jego elementów, jak również pod kątem wiarygodności uzyskanych wyników.

THE INFLUENCE OF THE THERMAL CONTRAST OF A CALIBRATION TARGET ON THE ACCURACY OF DETERMINING THE GRD OF A THERMAL SENSOR

Agata Orych, Agnieszka Jenerowicz, Piotr Walczykowski, Maciej Rosłoń

*Department of Remote Sensing Photogrammetry and IMINT,
Institute of Geodesy, Faculty of Civil Engineering and Geodesy,
Military University of Technology
agata.orych@wat.edu.pl, agnieszka.jenerowicz@wat.edu.pl,
piotr.walczykowski@wat.edu.pl, maciekr@poczta.onet.pl*

In recent years, there has been enormous progress in the field of remote sensing, both in terms of hardware, the processes used and methods of processing, as well as the possible uses of the data obtained. Despite this, thermal imaging sensors are still have a relatively low spatial resolution due to technical and economic limitations related to the production of focal plane arrays with a large number of pixels. The main use of thermal sensors is temperature measurement. In order to obtain the actual kinetic temperature values of the examined objects, radiometric correction is usually performed. However, there are applications in which a higher spatial resolution and the possibility of its precise determination are necessary. Such applications include military analyses which are performed under the general term of imagery intelligence. Aerial thermal imagery is used to acquire information that could not be otherwise obtained by means traditional sensors, which record data in the visible range. Precise determination of the ground resolved distance makes it possible to determine the actual capabilities of the sensor used during flights, which in turn allows for more effective planning. Knowledge of this parameter for a sensor allows you to determine what will be the spatial resolution of the images acquired during the flight, and based on this information, it is possible to plan the flight in such a way as to guarantee the visibility of all objects of interest.

The precise determination of the field resolving power of the infrared sensor is based on the analysis of images of specially constructed calibration targets. It is obvious that these targets must meet detailed requirements regarding their geometrical parameters, however the main aspect of interest of the Authors of this article is the emissivity properties of individual elements that make up the calibration target. The research looked at the influence of different emissivity parameters, which contributed to different contrasts on the surface of the calibration target, on the accuracy of determining the ground resolved distance of the thermal sensors. This accuracy was considered in two ways - firstly in terms of the accuracy of determining the spatial resolution based on targets with different contrasts between its elements, as well as in terms of the reliability of the results obtained.

**BADANIA WYKOPALISKOWE W 3D. FOTOGRAMETRIA W
PROWADZENIU BIEŻĄCEJ DOKUMENTACJI ARCHEOLOGICZNEJ NA
PODSTAWIE DOŚWIADCZEŃ PAPHOS AGORA PROJECT**

Wojciech Ostrowski¹, Łukasz Miszk², Weronika Winiarska²

¹ *Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej,
Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska,
wojciech.ostrowski@pw.edu.pl*

² *Instytut Archeologii, Uniwersytet Jagielloński, lukasz.miszk@uj.edu.pl*

Paphos Agora Project to interdyscyplinarny projekt archeologiczny, w ramach którego wykorzystywane są metody badawcze z wielu dyscyplin naukowych. Głównym celem projektu jest rekonstrukcja infrastruktury gospodarczej Nea Paphos, antycznej stolicy hellenistyczno-rzymskiego Cypru. Spośród wielu wykorzystywanych metod badawczych wciąż jedną z najważniejszych są archeologiczne badania wykopaliskowe. Ze względu na dużą skalę trwających prac terenowych badacze musieli sprostać wyzwaniu, jakim jest bieżące dokumentowanie postępu prac archeologicznych. Po serii testów przeprowadzonych w terenie, w ramach których wykorzystano współczesne technologie takie jak TLS, BSL czy fotogrametria bliskiego zasięgu, zdecydowano się na dalsze wykorzystanie fotogrametrii bliskiego zasięgu. W prezentacji przedstawiona zostanie metodyka, która wykorzystywana jest terenie do opracowywania bieżącej dokumentacji postępów prac archeologicznych na podstawie fotogrametrii bliskiego zasięgu oraz doświadczenia z wykorzystania metodyki podczas kolejnych czterech sezonów wykopaliskowych, zaczynając od roku 2015. W tym czasie w terenie wykonano setki modeli dla poszczególnych wykopów archeologicznych, na podstawie tysięcy zdjęć pozyskanych przez archeologów. Modele 3D oraz produkty 2D (DEM, Ortofotomapy) gromadzone są w bazie danych przestrzennych utworzonej w środowisku ArcGIS. Przestrzenne bazy danych służą jako repozytorium wszystkich danych zebranych podczas wykopalisk (z pracy terenowej i studyjnej). W prezentacji wskazane zostaną zarówno wyzwania związane z upowszechnieniem fotogrametrii, jak i zmiany w procedurach prowadzenia badań archeologicznych, które są następstwem szerokiego wprowadzenia dokumentacji fotogrametrycznej.

**ARCHAEOLOGICAL EXCAVATION IN 3D. PHOTOGRAMMETRY IN
ARCHAEOLOGICAL DOCUMENTATION OF ONGOING EXCAVATIONS: A
CASE STUDY PAPHOS AGORA PROJECT**

Wojciech Ostrowski ¹, Łukasz Miszk ², Weronika Winiarska ²

¹ *Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems,
Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology,
wojciech.ostrowski@pw.edu.pl*

² *Institute of Archaeology, Jagiellonian University, lukasz.miszk@uj.edu.pl*

The Paphos Agora Project is an interdisciplinary research project which implements and combines a wide range of scientific disciplines to reconstruct the economic infrastructure of ancient Nea Paphos, the capital of Hellenistic-Roman Cyprus. Among the wide variety of the research methods, still one of the most important are excavations. Because of the large scale of ongoing fieldwork researchers have faced the challenge of how to create, as fast as possible, reliable documentation of the progress of archaeological works. After series of tests in the field where technologies such as TLS, UAV or close-range (terrestrial) photogrammetry were used, the close range photogrammetry was chosen. In the presentation the methodological guidelines for the use of close range photogrammetry for ongoing documentation of the progress of archaeological work are going to be presented and experiences with that method, which have been used during four excavation campaigns since 2016. Hundreds of models of trenches have been created in the field from thousands of pictures collected by archaeologists. 3D models as well as 2D product (DEM, Orthophotos) are stored in spatial database created with ArcGIS software. Spatial databases serves as a repository for all the data collected during excavation (from field and office work). In the presentation both the challenges with the democratization of photogrammetry and changes in the archaeological fieldwork are going to be pointed out, which were caused by a wide introduction of photogrammetric documentation.

IDENTYFIKACJA OSUWISK Z WYKORZYSTANIEM PRODUKTÓW POCHODNYCH LIDAR-NMT. PORÓWNANIE KLASYFIKACJI PER PIKSEL I OBIEKTOWEJ

Kamila Pawluszek¹, Raphael Knevels², Andrzej Borkowski¹, Alexander Brenning²

¹ *Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
kamila.pawluszek@upwr.edu.pl*

² *Department of Geography, Institute of Geosciences, Friedrich Schiller University
Jena, Germany*

Kartowanie dużych obszarów i aktualizacja wieloczasowych baz danych osuwiskowych, po każdym zdarzeniu, są czasochłonne i wymagają zaangażowania dużych zasobów. Pożądanym jest zatem, znalezienie odpowiedniej metody automatycznej detekcji osuwisk. Automatyczna identyfikacja osuwisk ma bowiem wiele zalet. Dzięki metodzie automatycznej można poprawić efektywność identyfikacji, zredukować koszty z tym związane oraz przyspieszyć tworzenie baz danych osuwiskowych i map podatności osuwiskowej. Coraz powszechniejsza dostępność wysokorozdzielczych danych lotniczego skaningu laserowego (LiDAR) umożliwia rozwój metod automatycznej identyfikacji osuwisk, tzn. jednoznacznego rozpoznania przez algorytm obszarów osuwiskowych ze zminimalizowanym udziałem operatora w procesie identyfikacji. Jest to zadanie trudne, jednak wciąż pojawiają się nowe podejścia i metody i są dostępne różne metody detekcji osuwisk na podstawie pochodnych numerycznego modelu terenu (NMT) wygenerowanego na podstawie danych LiDAR. Wśród tych metod można wyróżnić dwa główne podejścia bazujące na klasyfikacji per piksel (PBA) i analizie obrazów bazującej na obiektach geograficznych (GEOBIA). Każde z podejść ma swoje wady i zalety. Zatem, głównym celem prezentowanych badań jest porównanie skuteczności i wydajności PBA i GEOBIA, przy wykorzystaniu niemal tych samych produktów pochodnych NMT. W porównaniu tym eksplorowana jest szeroka paleta produktów pochodnych NMT bez wykorzystania jakiegokolwiek dodatkowej informacji. Badania zostały przeprowadzone na obszarze Polskich Karpat Fliszowych, gdzie występują liczne osuwiska, które zostały skartowane w ramach System Ochrony Przeciwosuwiskowej (SOPO). Metodologia badawcza składa się z (1) obliczenia osuwiskowych wskaźników morfologicznych, takich jak nachylenie, współczynnik szorstkości, krzywizna, kierunek spływu, (2) niezależnej identyfikacji osuwisk z wykorzystaniem PBA i GEOBIA, (3) oceny jakości klasyfikacji z wykorzystaniem map inwentaryzacyjnych osuwisk z bazy danych SOPO. Wyniki obydwu metod pokazały wysoką skuteczność identyfikacji osuwisk w odniesieniu do oficjalnej bazy danych SOPO.

LANDSLIDE IDENTIFICATION USING LIDAR DTM DERIVATIVES. A COMPARISON OF PIXEL BASED VS GEOGRAPHIC-OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS

Kamila Pawluszek¹, Raphael Knevels², Andrzej Borkowski¹, Alexander Brenning²

¹ *Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental and
Life Sciences, kamila.pawluszek@upwr.edu.pl*

² *Department of Geography, Institute of Geosciences, Friedrich Schiller University
Jena, Germany*

Mapping of large areas and updating multi-temporal landslide inventories after each major event is time consuming and resource extensive. Therefore, finding the appropriate automatic landslide mapping (ALM) approach is very eligible. Automatic landslide identification can give disproportionate benefits in the future. It can increase efficiency, reduce costs and speed up the creation of landslide databases and landslide susceptibility mapping.

With more and more commonly available high-resolution airborne Light Detection and Ranging (LiDAR), many studies have been performed to invent the automatic landslide mapping techniques (unambiguous recognition of landslides by algorithms with minimal human intervention). This is still a challenging objective, however, new approaches are still being established. Diverse automatic approaches of landslide detection using LiDAR-delivered DTM are available. Mainly, pixel-based approaches (PBA) and geographic-object-based image analysis (GEOBIA) exist. Each of these approaches has his own advantages and disadvantages.

Therefore, the main objective of this study is to compare the performance of PBA and GEOBIA using almost the same DTM derivatives. Presented approaches exploit wide range of DTM derivatives based on only high-resolution LiDAR. This study was performed in the study area within the Polish Flysh Carpathians, which are very prone to landslides and have been mapped within the project: Landslide Counteracting System (SOPO).

The methodology consisted of (1) derivation of landslide morphological indicators, such as slope, surface roughness, curvature, or flow direction, (2) independent landslide identification using GEOBIA and PBA (3) assessment of the classification performance using a pre-existing landslide inventory map from SOPO database. The results of the both approaches demonstrated good success rates in reference to official landslides database (SOPO) in Poland.

GEODYNAMICZNA AKTYWNOŚĆ PASA WYSADÓW SOLNYCH W POLSCE W ŚWIETLE ANALIZY DANYCH SATELITARNEJ INTERFEROMETRII RADAROWEJ

Zbigniew Perski ¹, Tomasz Wojciechowski ¹, Maria Przyłucka ¹, Zbigniew Kowalski ¹, Petar Marinkovic ²

¹ Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy

² PPO.Labs

Pas wysadów soli cechsztyńskich w Polsce ciągnie się od Łodzi w kierunku Szczecina kontynuując się dalej w kierunku Holandii. Jest on najbardziej wschodnim elementem permsko-mezozoicznego systemu epikontynentalnych basenów osadowych zachodniej i środkowej Europy. Strop wielu wysadów występuje na bardzo małej głębokości od powierzchni Ziemi, przez co możliwa jest ich eksploatacja górnicza. Wysadom solnym, szczególnie w centralnej części pasa towarzyszą deformacje utworów Czwartorzędu i Neogenu o genezie głacictektonicznej jak i związanej z aktywnością wysadów w tych okresach. Istnieją również przesłanki świadczące o współczesnej aktywności tych struktur.

Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) prowadzi obecnie badania dla określenia skali i zakresu współczesnej dynamiki powierzchni terenu na obszarze występowania struktur tektoniki solnej w Polsce. Badania te wykorzystują metody wieloczasowe interferometrii SAR przy wykorzystaniu danych archiwalnych ESA (z satelitów ERS i Envisat) oraz nowe rejestracje wykonywane przez satelity Sentinel-1a i b. Ponadto, dla poligonu badawczego w Wapnie wykonano badania monitorujące z wykorzystaniem reflektorów radarowych (*CR – Corner Reflectors*) oraz danych SAR o wysokiej rozdzielczości (TerraSAR-X). Wykonano również weryfikujące pomiary geodezyjne reflektorów metodą statyczną GNSS i niwelacją precyzyjną.

W pracy przedstawiono wyniki przetwarzania danych archiwalnych dla wybranych obszarów pasa wysadów solnych jak również walidacji dla obszaru poligonu Wapno w latach 2015 - 2016. Deformacje zachodzące na tym obszarze są długofalową konsekwencją katastrofy, w wyniku której zalana została kopalnia soli. Zdarzenie to miało miejsce w sierpniu 1977 roku i wywołało ogromną nieckę sufozyjną na powierzchni terenu co doprowadziło do zniszczenia wielu budynków. Od tego czasu, ze względu na wciąż niestabilną równowagę hydrogeologiczną, obszar poddawany jest deformacjom a od 2007 roku obserwowane jest powstawanie progów i zapadlisk. Dla monitorowania deformacji terenu na obszarze Wapna istniejąca sieć reperów została uzupełniona o 7 reflektorów radarowych CR zlokalizowanych w kluczowych obszarach. W pracy przedstawione zostaną dotychczasowe wyniki kompleksowej analizy danych InSAR i pomiarów naziemnych.

GEODYNAMIC ACTIVITY OF THE SALT DOME BELT IN POLAND BY MEANS OF SATELLITE RADAR INTERFEROMETRY DATA ANALYSIS

Zbigniew Perski¹, Tomasz Wojciechowski¹, Maria Przyłucka¹, Zbigniew Kowalski¹, Petar Marinkovic²

¹ *Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy*

² *PPO.Labs*

The belt of Zechstein salt diapirs in Poland stretches from Łódź towards Szczecin, continuing further towards the Netherlands. It is the most eastern element of the Permian-Mesozoic system of epicontinental sedimentary basins of western and central Europe. The top of many diapirs occurs at a very small depth from the Earth's surface, which makes mining exploitation possible. Salt deposits, especially in the central part of the belt, are accompanied by deformations of Quaternary and Neogen deposits. The origin of these deformations is glacitectonic but also possibly related to the tectonic activity of salt structures in these periods. There are evidences of the recent activity of these structures.

The Polish Geological Institute - National Research Institute (PGI-NRI) is currently conducting research to determine the scale and extent of recent dynamics of the terrain surface in the area of salt tectonic structures in Poland. This study applies multitemporal SAR interferometry using ESA archival data (from ERS and Envisat satellites) and new acquisitions performed by Sentinel-1a and b satellites. In addition, for monitoring purposes the radar reflectors (CR - Corner Reflectors) were installed for the research field in Wapno. Corner reflectors were used for validation measurements using the GNSS static method and precise leveling.

The paper presents the results of the processing of archival data for selected areas of the salt diapirs belt as well as validation study for the Wapno site performed from 2015 to 2016. Deformations occurring in this area are a long-term consequence of the disaster, resulting in the salt mine being flooded. This incident took place in August 1977 and caused a huge depression on the surface which led to the destruction of many buildings. Since then, due to the still unstable hydrogeological balance, the area is unstable and since 2007 the formation of land fissures and sinkholes has been observed. To monitor land deformation in the area of Wapno, the existing benchmark network was supplemented with 7 radar CR reflectors located in key areas. The work presents the current results of a comprehensive analysis of InSAR data and ground measurements.

INTENSYWNOŚĆ Z DWUKANAŁOWEGO SKANINGU LOTNICZEGO JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI RADIOMETRYCZNEJ

Magdalena Pilarska

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

Lotniczy skaniny laserowy (ang. Airborne Laser Scanning - ALS) jest szeroko wykorzystywaną technologią w pomiarach fotogrametrycznych. Na podstawie dyskretnej reprezentacji w postaci chmury punktów tworzone są m.in. numeryczne modele terenu (NMT), numeryczne modele pokrycia terenu (NMPT) oraz modele 3D miast. Większość lotniczych skanerów laserowych rejestruje dane w zakresie bliskiej podczerwieni. Obecnie rozwijana jest idea wielospektralnego skaniny lotniczego, który polega na jednoczesnej rejestracji danych w więcej niż jednym zakresie spektralnym. Oprócz zakresu podczerwonego o długości fali $\lambda=1064$ nm, w sensorach wielospektralnych wykorzystywane są w skanery, za pomocą których pozyskiwane są dane w zakresie zielonym ($\lambda=532$ nm) oraz zakresie bliskiej podczerwieni ($\lambda=1550$ nm).

Jedną z zalet skaniny lotniczego w porównaniu do zdjęć lotniczych jest możliwość penetracji roślinności, i dzięki temu uzyskanie informacji o obiektach znajdujących się pod drzewami. Ponadto z wielospektralnych skanerów lotniczych dostarczana jest informacja radiometryczna w więcej niż jednym zakresie spektralnym, co powoduje, że wielospektralne dane ALS mają większy potencjał i mogą zostać wykorzystane m.in. w analizach i klasyfikacji roślinności.

Celem badań jest pokazanie możliwości wykorzystania intensywności z dwukanałowego skanera lotniczego jako źródła informacji radiometrycznej o zarejestrowanych obiektach. Przedstawione zostaną wyniki analizy dotyczące zastosowania informacji radiometrycznej pochodzącej z kolejnych odbić (drugich i trzecich ech), dzięki której możliwe byłoby wykorzystanie wielospektralnego skaniny laserowego do uzyskania informacji o obiektach znajdujących się pod koronami drzew, co może znaleźć zastosowanie zarówno w obszarach miejskich, jak i leśnych. Jako dane wejściowe wykorzystano chmury punktów pozyskane za pomocą dwukanałowego skanera lotniczego Riegl VQ-1560i-DW. Sensor ten wyposażony jest w skanery, które rejestrują dane w dwóch różnych zakresach spektralnych: podczerwonym ($\lambda=1064$ nm) i zielonym ($\lambda=532$ nm).

INTENSITY OF DUAL-WAVELENGTH ALS AS A RADIOMETIC SOURCE

Magdalena Pilarska

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

Airborne Laser Scanning (ALS) is a widely used technology in photogrammetry. On the basis of a discreet representation in the form of a point cloud, digital terrain models (DTMs), digital surface models (DSMs) and 3D city models can be generated. Most aerial laser scanners record data in the near-infrared wavelength. Currently, the idea of multispectral laser scanning is being developed, which involves simultaneous data registration in more than one spectral channel. In addition to the near-infrared scanner of wavelength $\lambda = 1064$ nm, in multispectral sensors other scanners are used, by means of which data are obtained in the green ($\lambda = 532$ nm) and in the other near-infrared channel ($\lambda = 1550$ nm).

One of the advantages of airborne scanning compared to aerial images is the possibility of penetrating vegetation, and thus obtaining information about objects located under trees. In addition, radiometric information in more than one wavelength is provided from multispectral laser scanners, which results in the multispectral ALS data being more powerful and able to be used, among others, in the analysis and classification of vegetation.

The aim of the research is to present the possibility of using intensity from a dual-wavelength airborne laser scanner as a source of radiometric information about registered objects. The results of the analysis concerning the application of radiometric information from multi reflections (second and third echoes) will be presented, thanks to which it may be possible to use multispectral laser scanning to obtain information about objects located under the tree canopies, which can be applied in both urban and forest areas. As input data, point clouds acquired using the Riegl VQ-1560i-DW dual-wavelength airborne scanner were used. This sensor is equipped with scanners that record data in two different spectral channels: near-infrared ($\lambda = 1064$ nm) and green ($\lambda = 532$ nm).

ZASTOSOWANIE SYMULACJI KANAŁÓW SPEKTRALNYCH W INTERPRETACJI ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Katarzyna Siok, Ireneusz Ewiak, Agnieszka Jenerowicz, Anna Schismak

*Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego,
Instytut Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna
katarzyna.siok@wat.edu.pl, ireneusz.ewiak@wat.edu.pl,
agnieszka.jenerowicz@wat.edu.pl, anna.schismak@wat.edu.pl*

Zdjęcia lotnicze, ze względu na wysoką rozdzielczość przestrzenną, stanowią cenne źródło informacji o terenie. Jednak są to dane ograniczone pod względem spektralnym. Obecnie, ze względu na występujące ograniczenia konstrukcyjne sensorów i koszty, zdjęcia lotnicze pozyskiwane są jedynie w czterech zakresach promieniowania elektromagnetycznego: niebieskim, zielonym, czerwonym i bliskiej podczerwieni, co zmniejsza istotnie możliwości interpretacyjne odfotografowanych elementów pokrycia terenu. Rozwiązanie problemu niskiej rozdzielczości spektralnej obrazów lotniczych stanowi proces symulacji kanałów spektralnych. Proces ten umożliwia odtworzenie cech spektralnych odfotografowanych obiektów bazując na danych obrazowych z innych źródeł zawierających rzetelną informację spektralną dla analizowanego obszaru. Symulacja kanałów spektralnych jest niezwykle istotna dla archiwalnych zdjęć panchromatycznych, dla których nie został fizycznie zarejestrowany materiał wielospektralny. Zastosowanie metod symulacji umożliwia uzyskanie obrazu o wyższej jakości spektralnej w porównaniu do zdjęcia źródłowego z jednoczesnym zachowaniem stopnia szczegółowości oryginalnego obrazu lotniczego. W związku z posiadaniem większej liczby kanałów spektralnych zawierających rzetelną informację spektralną o odfotografowanych obiektach obserwuje się wzrost możliwości fotointerpretacyjnych. Możliwości te odnoszą się do procesów detekcji, rozróżniania a także oceny kondycji obiektów naturalnego pokrycia terenu. W związku z powyższym, autorzy niniejszej pracy przeprowadzili badania zmierzające do oceny wpływu symulacji kanałów spektralnych na jakość spektralną zdjęć lotniczych w aspekcie precyzyjnych badań środowiska. Jako metodę zwiększenia jakości spektralnej zastosowano podejście zakładające integrację zdjęć lotniczych z satelitarnymi zobrazowaniami wielospektralnymi. Ocenie podlegały metody dotyczące odtworzenia informacji spektralnej dla archiwalnych zdjęć panchromatycznych, ale również symulacji dodatkowych kanałów spektralnych dla obrazów wielospektralnych. Określony został wpływ symulacji kanałów spektralnych na analizę wizualną zdjęć lotniczych. Dodatkowo sprawdzono przydatność zasymulowanych kanałów do procesu automatycznej klasyfikacji obrazów lotniczych oraz dokonano oceny wyników

klasyfikacji. Porównano również charakterystyki spektralne wybranych obiektów uzyskane na podstawie obrazów wzmocnionych spektralnie z charakterystykami pozyskanymi za pomocą spektrometrii. Przeprowadzone badania potwierdziły znaczący wpływ symulacji kanałów spektralnych na zwiększenie możliwości interpretacyjnych zdjęć lotniczych. W związku z tym, możliwe jest wykrycie subtelnych różnic między odfotografowanymi obiektami naturalnymi a tym samym wykonanie szczegółowych analiz środowiskowych szczególnie istotnych z punktu widzenia badań gruntów rolnych i leśnych.

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektów PBS3/B9/39/2015 i RMN 705/2017 finansowanych przez Wojskową Akademię Techniczną.

APPLICATION OF SPECTRAL BAND SIMULATION TO AERIAL PHOTO INTERPRETATION

Katarzyna Siok, Ireneusz Ewiak, Agnieszka Jenerowicz, Anna Schismak

*Department of Remote Sensing Photogrammetry and IMINT,
Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology
katarzyna.siok@wat.edu.pl, ireneusz.ewiak@wat.edu.pl,
agnieszka.jenerowicz@wat.edu.pl, anna.schismak@wat.edu.pl*

Aerial photographs with high spatial resolution are a valuable source of information about the surface of the Earth. However, these are spectrally limited data. Currently, due to construction restraints and costs of sensors, aerial photos are acquired only in four ranges of electromagnetic spectrum: blue, green, red and near infrared. Therefore, interpretation possibilities for the photographed elements of land cover are significantly limited.

A solution to the problem of low spectral resolution of aerial images is the process of spectral band simulation. This process makes it possible to reproduce the spectral characteristics of the photographed objects based on image data from other sources containing reliable spectral information for the area analysed. The simulation of spectral channels is extremely important for archival panchromatic photographs, for which the multispectral data have not been physically registered. The use of simulation methods enables to obtain an image with a higher spectral quality compared to the source photo, while maintaining the level of detail of the original aerial image. An increase in photo-interpretation capabilities can be observed as a result of using a larger number of spectral channels containing reliable spectral information about photographed objects. These possibilities relate to processes of the detection, distinguishing and assessing the condition of natural terrain coverage. Following the consideration above, the authors carried out research aimed at assessing the impact of spectral channel simulations on spectral quality of aerial photographs in terms of precise environmental analysis. An approach involving the integration of aerial photos with satellite multispectral imagery was used as a method of increasing spectral quality. The methods for reproducing spectral data for archival panchromatic photographs, as well as simulations of additional spectral bands for multispectral images, were subject to evaluation. The influence of simulated spectral channels on visual analysis of aerial photos was determined. In addition, the usefulness of simulated bands for the automatic image classification process was assessed and the classification results were evaluated. The spectral reflectance characteristics of selected objects obtained from the enhanced images were also compared with those registered by the spectroradiometer. The conducted research

confirmed significant influence of spectral band simulations on the increase in the interpretation possibilities of aerial photos. Therefore, it is possible to detect subtle differences between photographed natural objects and thus, to carry out more detailed environmental analyses, which are necessary for agricultural and forest research.

The research presented in this article was conducted under the projects PBS3/B9/39/2015 and RMN 705/2017 financed by the Military University of Technology.

**PRZEMIANY DRZEWOSTANU W REZERWACIE LIPÓWKA (PUSZCZA
NIEPOŁOMICKA) W OPARCIU O CHMURY PUNKTÓW TLS Z LAT 2006
ORAZ 2016**

Marcin Starzyk, Piotr Wężyk

*Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Instytut Zarządzania
Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada
46; 31-425 Kraków; e-mail: p.wezyk@ur.krakow.pl*

Technologia naziemnego skanowania laserowego (ang. TLS) od co najmniej dekady służy do pozyskiwania wybranych cech taksacyjnych i parametrów przestrzennych drzew i drzewostanów pozyskiwanych dla celów inwentaryzacji drzewostanów. Regularnie prowadzone obserwacje 3D drzew pozwalają określić dynamikę zmian zachodzących w strukturze poziomej i pionowej drzewostanu. Przyrost pierśnicy (średnica na 1.3m od gruntu) drzewa, przyrost miąższości, ubytki biomasy wynikające z obumierania drzew, ich przewracania się i rozkładu drewna czy też pojawianie się podrostów i podszytów - są elementami opisującymi dynamikę i fazę rozwojową drzewostanu. Celem pracy było określenie zmian jakie nastąpiły w ciągu 10 lat na powierzchni obserwacyjnej w rezerwacie Lipówka w Puszczy Niepołomickiej (N-ctwo Niepołomice; RDLP Kraków) - na podstawie chmur punktów TLS pozyskanych (wielostanowiskowe skanowanie) na początku i końcu 10-letniego okresu (2006-2016). Analizy chmur punktów TLS (skaner FARO LS 880 oraz FARO Focus 3D X130) pozwoliły na udokumentowanie przyrostu radialnego (pierśnic) pni drzew, który wahał się od 180% (najmłodsze drzewa) do 4,5% (najstarsze drzewa). W analizowanym okresie 10 lat a masa martwego drewna wzrosła o ponad 60%, z 31,7 m³ do 51,8 m³. Obumarło i przewróciło się w tym okresie aż 8 drzew starszych klas wieku. Rozkład drewna w okresie 10 lat spowodował zmiany rozmiarów kłód sięgające od 4 do 80 cm dla poszczególnych analizowanych sekcji. Przeprowadzone badania dowiodły możliwości stosowania technologii naziemnego skanowania laserowego dla celów obserwacji i dokumentowania procesów zachodzących w lasach naturalnych.

OKREŚLANIE WYBRANYCH CECH TAKSACYJNYCH DRZEWOSTANÓW Z WYKORZYSTANIEM DANYCH LOTNICZEGO SKANOWANIA LASEROWEGO

Krzysztof Stereńczak¹, Stanisław Miścicki², Łukasz Jelowicki¹, Karolina Parkitna¹, Grzegorz Krok¹, Piotr Rysiak¹, Krzysztof Mitelsztedt¹, Marek Lisańczuk¹, Martyna Wietecha¹, Piotr Mroczek¹, Michał Laszkowski¹, Anna Markiewicz¹

¹ *Instytut Badawczy Leśnictwa, {k.sterenczak, l.jelowicki, k.parkitna, g.krok, p.rysiak, k.mitelsztedt, m.lisanczuk, m.wietecha, p.mroczek, m.laszkowskik, a.markiewicz} @ibles.waw.pl*

² *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, smiscicki@wl.sggw.pl*

Określanie wielu cech taksacyjnych drzewostanów w aktualnie obowiązującej instrukcji urzędzenia lasu jest obarczone pewną dozą subiektywizmu. Powoduje to wiele problemów i czasami prowadzi do braku możliwości porównania drzewostanów między sobą. Ponadto, koszta pracy ludzkiej w gospodarce narodowej są coraz wyższe, a znalezienie wykwalifikowanych i zaangażowanych pracowników chętnych do pracy w urzędzeniu lasu nie należy do łatwych zadań. Wyżej wymienione kwestie uzasadniają potrzebę poszukiwania innych rozwiązań, które zmniejszyłyby nakłady finansowe związane z inwentaryzacją lasu, oraz umożliwiłyby obiektywne określanie cech taksacyjnych, z założoną dokładnością. W ostatnich latach rośnie zainteresowanie wykorzystaniem technik teledetekcyjnych w inwentaryzacji lasu, w tym szczególnie technologii lotniczego skanowania laserowego (ALS), która pozwala spełnić wyżej wymienione wymagania, co zostało potwierdzone wieloma badaniami na całym świecie.

Prezentowane badania prowadzono na sześciu obszarach badawczych w Polsce, w ramach projektu REMBIOFOR, finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (program BioStrateg). Wykorzystano w nich 6 zestawów danych ALS, 2 zestawy danych hiperspektralnych oraz 6 zestawów danych wielospektralnych. Większość badań opierało się o analizy statystyczne z wykorzystaniem modeli regresyjnych, lub innych metod predykcji zmiennych. Do opracowania i kalibracji modeli predykcyjnych zastosowano ponad 3800 terenowych powierzchni próbnych, zlokalizowanych w 6 obiektach badawczych.

W pierwszej kolejności przy tworzeniu modeli wybierano zbiór około 30 zmiennych określonych na podstawie danych ALS, które miały najbardziej istotny wpływ na estymowaną cechę. Następnie, stosując głównie regresję liniową, ograniczono liczbę

zmiennych do kilku, jednocześnie starając się uzyskiwać modele o najwyższej dokładności.

W pracy zaprezentowane zostaną metody określania m.in.: zasobności, biomasy, wysokości, grubości oraz liczby drzew. Wyniki predykcji tych cech osiągają dokładności w zakresie: $R^2 = 0,61 - 0,95$, a $RMSE\% = 34,5\% - 4,4\%$. Omówione zostaną metody przetwarzania danych ALS oraz etapy predykcji wyżej wspomnianych cech w zależności od przyjętego wariantu analizy.

DETERMINATION OF SELECTED STANDS CHARACTERISTICS WITH THE USE OF AIRBORNE LASER SCANNING DATA

Krzysztof Stereńczak¹, Stanisław Miścicki², Łukasz Jelowicki¹, Karolina Parkitna¹, Grzegorz Krok¹, Piotr Rysiak¹, Krzysztof Mitelsztedt¹, Marek Lisańczuk¹, Martyna Wietecha¹, Piotr Mroczek¹, Michał Laszkowski¹, Anna Markiewicz¹

¹ *Instytut Badawczy Leśnictwa, {k.sterenczak, l.jelowicki, k.parkitna, g.krok, p.rysiak, k.mitelsztedt, m.lisanczuk, m.wietecha, p.mroczek, m.laszkowskik, a.markiewicz} @ibles.waw.pl*

² *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, smiscicki@wl.sggw.pl*

The determination of many forest stands characteristics implemented in the currently valid forest management plan is fraught with a certain amount of subjectivism. This causes many problems and sometimes leads to the inability to compare stands between each other. In addition, labor costs are constantly growing, and it is also more difficult to find qualified and committed employees willing to work in forest management. The above-mentioned issues justify the need to look for other solutions that would reduce the financial outlays related to forest inventory, and enable objective determination of stand characteristics, with the assumed accuracy. Currently, airborne laser scanning (ALS) seems to be very interesting among the remote sensing technologies for forest inventory issue, which was confirmed already by a large number of studies carried out worldwide.

The research is conducted in six research areas as part of the REMBIOFOR project, financed by the National Center for Research and Development as part of the BioStrateg program. The study used 6 sets of ALS data, 2 sets of hyperspectral data and 6 sets of multispectral data. Most of the research was based on statistical analyzes using regression models, or other methods of predicting variables. In addition, more than 3,800 sample sites located in 6 research areas were used to create and calibrate predictive models.

In the first place, during the creation of the model, a set of approximately 30 variables was determined based on ALS data, which had the most significant relative impact on the estimated feature. Then, using mainly linear regression, the number of variables was reduced to a few, simultaneously trying to obtain the models with the highest accuracy.

The work will present the determination of prediction, among others: biomass, height, thickness and the number of trees. Reached accuracy of above mentioned characteristics was in range of: $R^2 = 0.61 - 0.95$, $RMSE\% = 34.5\% - 4.4\%$. The methods of ALS data processing, as well as the stages of prediction of the aforementioned features, will be discussed.

MONITOROWANIE ROZWOJU GRADACJI KORNICA DRUKARZA W PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ Z WYKORZYSTANIEM WIELOCZASOWYCH DANYCH TELEDETEKCYJNYCH

**Krzysztof Stereńczak, Miłosz Mielcarek, Bartłomiej Kraszewski, Maciej Lisiewicz,
Renata Wilkowska, Agnieszka Kamińska, Aneta Modzelewska, Małgorzata
Białczak, Żaneta Piasecka, Rafał Sadkowski**

*Institut Badawczy Leśnictwa, {k.sterenczak, m.mielcarek, b.kraszewski, m.lisiewicz,
r.wilkowska, a.kaminska, a.modzelewska, m.bialczak, z.piasecka,
r.sadkowski}@ibles.waw.pl*

Puszcza Białowieska jest jednym z najstarszych lasów w Europie o szczególnych walorach przyrodniczych i ogromnym bogactwie występujących w niej organizmów. Jest obszarem o zróżnicowanym statusie ochronnym, zarządzanym przez różne jednostki administracji publicznej, gdzie obowiązujące regulacje prawne są czasami wzajemnie sprzeczne. Sytuacja ta utrudnia zarządzanie i ochronę tego cennego obiektu przyrodniczego. W związku z takim stanem prawnym i organizacyjnym, brakuje jednorodnej i pełnej informacji o polskiej części Puszczy Białowieskiej, umożliwiającej całościowe spojrzenie na sytuację drzewostanów Puszczy Białowieskiej.

Projekt Life+ ForBioSensing zakłada opracowanie i zastosowanie systemu monitoringu lasów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem naziemnych powierzchni referencyjnych (685 powierzchni kołowych o promieniu wynoszącym 12,62 m) i danych teledetekcyjnych. Podstawowym założeniem działań jest powiązanie danych pozyskanych zdalnie z wynikami pomiarów naziemnych, w celu umożliwienia i ułatwienia późniejszego monitorowania procesów zachodzących w całej Puszczy. Dzięki zastosowaniu najnowszych technik analiz ekosystemów leśnych możliwe jest pozyskanie unikalnego dla Puszczy Białowieskiej zbioru danych przestrzennych i drzewostanowych. Połączenie danych teledetekcyjnych z pomiarami naziemnymi oferuje możliwość kompleksowego ujęcia dynamiki tego cennego przyrodniczo obiektu leśnego. W prezentacji skupiono się na analizie dynamiki rozwoju gradacji kornika drukarza w latach 2015-2017.

W pracy zastosowano integrację danych teledetekcyjnych pozyskanych z różnych pałapów: dane LIDAR, wielospektralne zobrazowania lotnicze i satelitarne oraz dane hiperspektralne do przestrzennego monitorowania procesu zamierania świerka w wyniku gradacji kornika drukarza.

Uzyskane wyniki wskazują, iż rozwijająca się nadal gradacja doprowadziła do zamarcia ponad 45% miąższości świerka znajdującego na obszarze Puszczy Białowieskiej.

W początkowej fazie badań, gradacja rozwijała się najintensywniej w w Nadleśnictwie Białowieża, a następnie zajęła obszary Nadleśnictw Hajnówka i Browek.

Dzięki zastosowanym danym teledetekcyjnym możliwe jest precyzyjne – na poziomie pojedynczych drzew – monitorowanie dynamiki i przestrzennego zasięgu gradacji kornika drukarza. Umożliwia to obiektywną ocenę zachodzących w Puszczy Białowieskiej zmian oraz daje materiał wyjściowy do planowania przyszłych strategii zarządzania tym przyrodniczo cennym obiektem.

MONITORING THE BARK BEETLE OUTBREAK DEVELOPMENT IN THE BIALOWIEZA FOREST WITH THE USE OF MULTI-TEMPORAL REMOTE SENSING DATA

**Krzysztof Stereńczak, Miłosz Mielcarek, Bartłomiej Kraszewski, Maciej Lisiewicz,
Renata Wilkowska, Agnieszka Kamińska, Aneta Modzelewska, Małgorzata
Białczak, Żaneta Piasecka, Rafał Sadkowski**

*Instytut Badawczy Leśnictwa, {k.sterenczak, m.mielcarek, b.kraszewski, m.lisiewicz,
r.wilkowska, a.kaminska, a.modzelewska, m.bialczak, z.piasecka,
r.sadkowski}@ibles.waw.pl*

The Białowieża Forest is one of the oldest forests in Europe, one of the most complex, with traits of the natural forest and a huge richness of organisms. It is an area with a different nature protection zones, managed by various public administration units, where the applicable legal regulations are sometimes contradictory. This situation makes the Białowieża Forest difficult to manage and protect. Due to this complex legal and organizational status, a lack of uniform and complete information about the Polish part of the Białowieża Forest occurs. A comprehensive view of the the Białowieża Primeval Forest stands is needed.

The Life + ForBioSensing project assumes the development and application of a forest monitoring system for the Białowieża Forest by using ground reference sample plots (685 circular samples with a radius of 12.62 m) and remote sensing data. The basic assumption of the activities is to link data obtained remotely with the results of ground measurements, in order to enable and facilitate subsequent monitoring of processes taking place in the whole forest. Acquiring a set of unique remote sensing and terrestrial data for the Białowieża Forest is possible with use of the latest techniques. The combination of these data offers the opportunity to comprehensively capture the dynamics of processes taking place in this valuable natural forest object. In the presented work, we focus on the analysis of bark beetle outbreak's dynamics in 2015-2017. The work involved integration of remote sensing data obtained from different sensors and altitudes: LIDAR data, multispectral aerial and satellite images and hyperspectral data for spatial monitoring of the spruce decline process as a result of bark beetle outbreak.

Based on the obtained results, we indicate that the invasion is still expanding and led to the dieback of over 45% of the spruce growing stock volume in the Białowieża Forest. In the initial phase of the research, outbreak developed mostly in the Białowieża Forest District, and then it took over the areas of Hajnówka and Browsk Forest Districts.

Using remotely sensed data, enables precise monitoring of the dynamics and spatial extent of the bark beetle's outbreak at the individual trees' level. Therefore, an objective evaluation of changes in the Białowieża Forest is possible. The obtained results might be applied as a basis material to plan future management strategies for this valuable natural object.

GENEROWANIE LINII ŚCIEKOWYCH Z ZASTOSOWANIEM WYBRANYCH OBIEKTÓW BDOT500

Zofia Szczepaniak-Koltun

*Katedra Geoinformatyki, Wydział Inżynierii Lądowej, Środowiska i Geodezji,
Politechnika Koszalińska*

Lotnicze skanowanie laserowe dostarcza dane, z których można otrzymać cyfrowe modele wysokościowe rzeźby terenu oraz pokrycia o bardzo dużej dokładności i szczegółowości. To powoduje, że numeryczne modele terenowe znajdują zastosowanie w wielu różnych dziedzinach. Jedną z nich jest hydrologia, gdzie dokładne dane wysokościowe pozwalają na budowę precyzyjnych modeli hydrologicznych wykorzystywanych do różnych celów m.in. do ekstrakcji linii szkieletowych. Ukształtowanie terenu ma istotne znaczenie dla procesów związanych z wyznaczeniem linii spływu. NMT cechuje się występowaniem linii nieciągłości, do których zaliczyć można drogi, skarpy itp. Ma to bardzo duży wpływ w procesie automatycznego wyznaczania linii spływu, ponieważ nieciągłości powodują zakłócenia w automatycznej analizie modelu rzeźby terenu, a tym samym powodują zaburzenia w generowaniu linii spływu.

Celem prac badawczych była poprawa ścieżek spływu, z użyciem narzędzi zaimplementowanych w pakietach GIS, poprzez modernizację cyfrowego modelu rzeźby terenu. W tym celu wyselekcjonowano obiekty z bazy BDOT500 (w której zgromadzono obiekty topograficzne o szczegółowości zapewniającej tworzenie standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:500 – 1:5000) stanowiące elementy powierzchni topograficznej (a nie jej pokrycia). Posłużyły one do modyfikacji NMT, powodując lokalne zniekształcenia danych numerycznych, co przyczyniło się do istotnych przemian w przebiegu linii ściekowych, nie powodując przy tym zakłóceń w ogólnym wyglądzie rzeźby.

**THE GENERATION OF FLOW LINES
BY USING OBJECTS FROM BDOT500**

Zofia Szczepaniak-Koltun

*Department of Geoinformatics,
Faculty of Civil Engineering, Environmental and Geodetic Sciences, Koszalin
University of Technology*

Airborne laser scanning provides data from which can be obtained very accurate and detailed digital elevation model of cover or relief of terrain. Therefore, this is one of the main reason why digital terrain models can be used in so many different fields. One of them is hydrology, in which precise altitude data allow to construct exact hydrological models used for various purposes, among other for the extraction of terrain skeleton lines. The landform is very crucial for the processes associated with determining flow lines. DTM features the occurrence of discontinuity lines which includes roads, scarps, etc. It has a very big impact on the automatic process determination of flow lines, because discontinuities cause disturbances in the automatic analysis of the terrain model and thus in the generation of flow lines.

The aim of the study research was to improve flow lines by using implemented tools in GIS program, through the modernization of the digital model of terrain. To that end were selected objects from the BDOT500 (it is a database of topographic objects for whole Poland corresponding with detailed map with a scale of 1:500-1:5000) that are elements of the topographic surface (and not its cover). They were used to DTM modification, causing local deformation of numerical data. It contributed to significant changes in the course of flow lines whitout causing disturbances in the general land form.

**MONITOROWANIE DYNAMIKI PRZEMIAN KLAS UŻYTKOWANIA
TERENU W GMINIE MILICZ W OPARCIU O ANALIZY CHMUR PUNKTÓW
LOTNICZEGO SKANOWANIA LASEROWEGO Z LAT 2007-2012-2015
W ASPEKCIE PROCESU SUKCESJI LEŚNEJ**

Marta Szostak, Adrian Bednarski, Piotr Wężyk

*Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Instytut Zarządzania
Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja
w Krakowie
m.szostak@ur.krakow.pl*

W opracowaniu wykonano analizy przestrzenne w zakresie określenia dynamiki zmian klas pokrycia i użytkowania terenu kilkudziesięciu działek ewidencyjnych gminy Milicz (województwo dolnośląskie), o łącznej powierzchni 68.57 ha, figurujących w ewidencji gruntów i budynków (EGiB) jako tereny rolne, łąki lub pastwiska. Stwierdzono rozbieżności między stanem w EGiB a stanem faktycznym, dla działek o łącznej powierzchni 40.92 ha – działki nie były użytkowane rolniczo, lecz obserwowano postępujący proces sukcesji roślinności o charakterze leśnym. Na podstawie chmur punktów z lotniczego skanowania laserowego (ALS) i analiz przestrzennych GIS, określono szczegółowe zmiany w zakresie postępującego procesu sukcesji.

Bazą do analiz były znormalizowane Numeryczne Modele Pokrycia Terenu (zNMPT) utworzone z chmur punktów ALS z roku 2007, 2012 i 2015. Dla analizowanego obszaru wykazano ponad trzykrotnie większą powierzchnię terenów leśnych i zadrzewionych, w stosunku do danych zawartych w bazie EGiB. Przykładowo w 2012 roku łączna powierzchnia gruntów leśnych według EGiB to 5.73 ha, natomiast w oparciu o analizę danych ALS to 21.14 ha. Łączna powierzchnia terenów leśnych, zadrzewionych i zakrzewionych w 2012 roku w odniesieniu do ich powierzchni z 2007 roku jest większa o 1.30 ha, co stanowi 6.6% obszaru terenów leśnych z roku 2007.

W wyniku opracowania została przygotowana mapa różnic wysokości roślinności (2015-2012-2007), która pozwala wskazać postępujące procesy sukcesji leśnej na analizowanym terenie, zarówno w zakresie zwiększenia zasięgu przestrzennego terenów sukcesji jak i w zakresie struktury przestrzennej roślinności.

**MONITORING THE LULC CHANGES DYNAMICS IN THE MILICZ
DISTRICT BASED ON THE ANALYSIS OF AIRBORNE LASER SCANNING
DATA (2007-2012-2015) IN THE ASPECT OF THE FOREST SUCCESSION
PROCESS**

Marta Szostak, Adrian Bednarski, Piotr Wężyk

*Department of Forest Management, Geomatics and Forest Economics, Institute of
Forest Resources Management, Faculty of Forestry, University of Agriculture in
Krakow,*

Corresponding author: m.szostak@ur.krakow.pl

This research concerning the application of airborne laser scanning (ALS) data for the assessment of the LULC changes based on the forest succession example. The Milicz District (central west part of Poland) was chosen as the test site – several plots (total area of 68.57 ha) listed in the cadastral databases as an agricultural areas, meadows or pastures but not used for agriculture - covered by the progressive land abandonment and process of the forest succession. The research confirmed discrepancy between the state in cadastral data and the actual state for plots with total area 40.92 ha. Detailed changes of land cover were determined. An increase process of the forest succession was shown.

An automated method for the forest succession time-changes analyses was developed based on the raster product of ALS data processing - normalized digital surface model (nDSM: 2007, 2012, 2015). Based on ALS data there was shown more than three times higher area of forested and wooded areas than those disclosed in the cadastral databases. In 2012, the total area of forested land according to the cadastral database was 5.73 ha and based on ALS 21.14 ha. The total area of forested, wooded and bushy areas in 2012 was greater about 1.30 ha (6.6% of the forested areas from 2007).

In this research was also prepared map of differences in vegetation height (2015-2012-2007), which allows to confirm the progressing process of forest succession in the analyzed area, not only in terms of the occupied area, but also in terms of the growth of trees and shrubs.

**ZASTOSOWANIE ZOBRAZOWAŃ SATELITARNYCH SENTINEL-2 DLA
MONITOROWANIA ZASIĘGU ZBIOROWISK ROŚLINNYCH KRZEWÓW
I DRZEW W OBSZARACH REKULTYWOWANYCH**

**Marta Szostak¹, Kacper Knapik¹, Justyna Likus-Cieślik²,
Paweł Hawryło¹, Marcin Pietrzykowski²**

¹*Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Instytut Zarządzania
Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja
w Krakowie*

²*Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział Leśny,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie
m.szostak@ur.krakow.pl*

W opracowaniu przedstawiono analizę i weryfikację możliwości wykorzystania zobrażeń satelitarnych Sentinel-2 dla automatyzacji wyznaczania granic klas pokrycia i użytkowania terenów rekultywowanych, w tym m.in. obszarów zbiorowisk roślinnych krzewów i drzew, podlegających dynamicznym zmianom. Prace wykonano dla terenu byłej Kopalni Siarki "Machów" (teren składowiska po kopalni odkrywkowej o powierzchni: 871.7 ha) oraz „Jeziórko” (teren zalesiony po eksploatacji otworowej o powierzchni 216.5 ha). Obiekty charakteryzuje zróżnicowana budowa terenu i pokrycie roślinnością, wynikające głównie z przyjętego kierunku i sposobu przeprowadzenia rekultywacji: kierunek rolno-leśny dla Kopalni "Machów" oraz leśny dla Kopalni „Jeziórko”.

Przeprowadzono weryfikację wyników przetwarzania zobrażeń satelitarnych Sentinel-2A (2016) w odniesieniu do szczegółowej klasyfikacji pokrycia i użytkowania terenu, wynikającej z wektoryzacji ekranowej ortofotomap lotniczych (2014). Efekty porównano do wcześniejszych opracowań zobrażeń satelitarnych Landsat 8 (2015). W wyniku przetwarzania zobrażeń Sentinel-2A uzyskano właściwą graficzną reprezentację poszczególnych klas pokrycia terenu, w odniesieniu do wektoryzacji ekranowej ortofotomap lotniczych – lepszą niż w przypadku opracowania zobrażeń Landsat 8. Łączna powierzchnia terenów leśnych wyznaczona w wyniku klasyfikacji zobrażeń Sentinel-2A i Landsat 8 w porównaniu do wyników wektoryzacji ekranowej ortofotomapy wykazuje różnice: 5,4% – Sentinel-2A, 12,8% – Landsat 8 dla kopalni siarki "Machów" i 1,8% – Sentinel-2A, 8,8% – Landsat 8 dla Kopalni Siarki "Jeziórko".

SHRUBS AND TREES SPATIAL RANGE MAPPING FOR RECLAIMED AREAS WITH USING SENTINEL-2 IMAGES

**Marta Szostak¹, Kacper Knapik¹, Justyna Likus-Cieślak²,
Paweł Hawryło¹, Marcin Pietrzykowski²**

¹ *University of Agriculture in Krakow, Faculty of Forestry, Institute of Forest Resources Management, Department of Forest Management, Geomatics and Forest Economics*

² *University of Agriculture in Krakow, Faculty of Forestry, Institute of Forest Ecology and Silviculture, Department of Forest Ecology and Reclamation*

Corresponding author: m.szostak@ur.krakow.pl

Research investigates the possibility of applying the newest, free available satellite images Sentinel-2 for the automation of land use/cover (LULC) mapping in reclaimed areas, mainly in the aspect of monitoring shrubs and trees spatial range. The study was performed for the former sulphur mines: "Machów" (871.7 ha of the dump area after the opencast strip mine) and "Jeziórko" (216.5 ha of the afforested area after the borehole exploitation). These areas are characterized by a diverse terrain structure and vegetation cover as the result of reclamation. The applied directions of reclamation were agroforestry for the Sulphur Mine "Machów" and forestry for the Sulphur Mine "Jeziórko".

It was verified whether processing of Sentinel-2A data allows for reliable LULC classification - mainly identification forest succession, in relation to the LULC mapping prepared by manual vectorization of orthophotomaps. Obtained classification results for Sentinel-2 data were also compared to the results of Landsat 8 images processing. The results of Sentinel-2A images classification showed correct graphical representation of the LULC classes, especially forest succession areas, in the relation to the results of applied on-screen vectorization of aerial orthophotomaps – better than results of the Landsat 8 images processing. The area of the mail class "Forests" as a result of classification Sentinel-2A and Landsat 8 images compared to the results of manual on-screen vectorization orthophomaps shows differences: 5.4% – Sentinel-2A, 12.8 % – Landsat 8 for Sulphur Mine "Machów" and 1.8 % – Sentinel-2A, 8.8% – Landsat 8 for Sulphur Mine „Jeziórko”.

INWENTARYZACJA PORTÓW MORSKICH ZA POMOCĄ MOBILNEGO SYSTEMU SKANUJĄCEGO

Paweł Tysiąc

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

Poprzez ciągły rozwój gospodarki morskiej pojawia się potrzeba inwentaryzacji portów morskich do celów zapewnienia bezpiecznej żeglugi. W tym celu korzystanie z tradycyjnych metod geodezyjnych jest czasochłonne, a wynik często jest niekompletny w odniesieniu do kompleksowej informacji przestrzennej na temat portu morskiego. Jednym z rozwiązań technologicznych jest skanowanie laserowe. Autor proponuje metodę mobilnego skanowania laserowego wykonywaną z platformy pływającej jako narzędzie do inwentaryzacji portów morskich. Jest to innowacyjne podejście pomiarowe znacznie przyspieszające gromadzenie danych przestrzennych, a także skracające czas opracowania chmury punktów w porównaniu do jej stacjonarnego odpowiednika. Metodologia pomiaru odnosi się do właściwej kalibracji urządzenia i zapewnienia prawidłowej inicjalizacji statycznej i dynamicznej. Są to elementy, które będą dowodem poprawności uzyskanych wyników. W przypadku późniejszego wyrównania zebranego materiału należy uwzględnić odpowiednie punkty i obiekty kontrolne, które umożliwią wzajemne wyrównanie poszczególnych skanów. Głównym celem pomiarów jest uzyskanie dokładności 10 cm w stosunku do globalnego układu odniesienia przestrzennego.

Pomiary i badania dotyczące metodologii prowadzenia pomiarów zostały sfinansowane z projektu bonu na innowację "Wdrożenie usługi skanowania skaningowego 3D z platformy pływającej" autorstwa firmy Apeks Sp. z o. o. z siedzibą w Gdańsku. Ze względu na to, że procedura została sprawdzona i zaimplementowana, firma Apeks Sp. z o.o. może z powodzeniem stosować ją nie tylko na rynku polskim, ale również na europejskim, czy światowym.

SEAPORT INVENTORY USING MOBILE MAPPING SYSTEM

Paweł Tysiąc

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology

Through the continuous development of the maritime economy, there is a constant need for an inventory of seaports. The use of traditional geodetic methods is time-consuming and the result is often incomplete. One of the technological solutions is laser scanning. The author proposes a method of mobile laser scanning carried out from a vessel as a tool for the inventory of seaports. It is an innovative measurement approach significantly accelerating the collection of spatial data on the subject of the scanned object, as well as reduces the time to develop a point cloud compared to its stationary counterpart. The measurement methodology refers to the proper calibration of the device and ensuring correct static and dynamic initialization. These are the elements that will be proof of the correctness of the results obtained. In the case of a later study, appropriate points and control objects should be included in the study, which will allow alignment of individual scans to each other. The main purpose of the measurements is to obtain an accuracy of 10 cm relative to the global spatial reference system.

Measurements and research on the methodology of the study were financed from the innovation voucher project "Implementation of the 3D scanning laser scanning service from the floating platform" by Apeks Sp. z o.o. based in Gdańsk, Poland. Due to the fact that the procedure has been checked and inspected, the company Apeks Sp. z o.o. can immediately implement it not only on the Polish market, but also on the European or Global.

INTEGRACJA WIELOŹRÓDŁOWYCH DANYCH PRZESTRZENNYCH W SYSTEMIE SAFEDAM

Beata Weintrit^{1,2}, Marcin Jędryka¹, Wojciech Bijak¹

¹ *Astri Polska Sp. z o.o., beata.weintrit@astripolska.pl*

² *Zakład Fotogrametrii Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydział
Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska*

Autorzy przedstawiają problematykę integracji danych przestrzennych w tworzonym systemie monitorowania wałów przeciwpowodziowych SAFEDAM. System stanowi uzupełnienie dotychczas istniejących programów ochrony przeciwpowodziowej w Polsce. Działa w środowisku 2D z możliwością przełączenia się do środowiska 3D.

W systemie są zintegrowane dane z istniejących rejestrów m. in. prowadzonych przez IMGW baz danych ISOK, SEKOP, System Hydrologii i danych pozyskanych z państwowego zasobu geodezyjnego BDOT10k, gdzie szczegółową uwagę zwrócono na zawartość baz danych i ich aktualizację. Istniejące bazy danych uzupełniono o dane lotnicze pozyskane z archiwów, dane zgromadzone w trakcie trwania projektu z platformy UAV i systemów satelitarnych, zarówno z misji Sentinel, jak i danych komercyjnych Pleiades. Dane pozyskiwane w czasie rzeczywistym przez zintegrowane w systemie narzędzia pomiarowe (UAV, satelity), są automatycznie importowane do centralnej infrastruktury bazodanowej systemu. Ogrom danych koniecznych do przechowywania wymagał opracowania optymalnie sparametryzowanej bazy danych.

Pozyskanie i analiza różnego rodzaju danych teledetekcyjnych, takich jak dane fotogrametryczne i LiDAR, uzyskane z bezzałogowych statków powietrznych, oraz optycznych i radarowych danych satelitarnych jest najważniejszym elementem tworzonego rozwiązania. Prezentowany system SAFEDAM jest doskonałym przykładem systemu integrującego dane z wielu źródeł, które wzajemnie się uzupełniają i zapewniają potężne narzędzie do monitorowania i oceny wałów przeciwpowodziowych, dając narzędzie wspomagające przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z powodzią.

SPATIAL DATA INTEGRATION IN THE SAFEDAM SYSTEM

Beata Weintrit^{1,2}, Marcin Jędryka¹, Wojciech Bijak¹

¹ *Astri Polska Sp. z o.o., beata.weintrit@astripolska.pl*

² *Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems,
Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology*

The authors present the problems of the spatial data integration in the developed SAFEDAM system for levees monitoring. The system complements the existing flood protection programs in Poland. The system supports a two-dimensional data structure with the ability to transition to the 3D environment.

The system integrates data from existing databases, among others IMGW databases ISOK, SEKOP, Hydrology System and data obtained from the state surveying resources BDOT10k, where particular attention was paid to the contents of databases and their updates. The existing databases were supplemented with aerial data from archives, data collected during the project from the UAV platform and satellite systems, both from the Sentinel mission and from the commercial VHRS Pleiades satellites. Data acquired in the real time by the integrated in the system measuring tools (UAV, satellites) are automatically imported into the central database infrastructure of the system. The huge amount needed for data storage required the development of an optimally parameterized database.

Acquisition and analysis of various types of remote sensing data, such as photogrammetric and LiDAR data, obtained from unmanned aerial vehicles, as well as optical and radar satellite data is the most important element of the solution being developed. The presented SAFEDAM system is a perfect example of a system integrating data from many sources that complement each other and provide a powerful tool for monitoring and assessing flood embankments, providing a tool to help counteract the risks associated with flooding.

TECHNOLOGIE SKANOWANIA LASEROWEGO W OCHRONIE CZYNNEJ BORÓW CHROBOTKOWYCH W PARKU NARODOWYM BORY TUCHOLSKIE

Piotr Wężyk, P. Hawryło, K. Zięba - Kulawik; M. Szostak

*Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Instytut Zarządzania
Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada
46; 31-425 Kraków; e-mail: p.wezyk@ur.krakow.pl*

Zespół boru chrobotkowego (*Cladonio-Pinetum*) jest zbiorowiskiem wykształcającym się na suchych i ubogich w biogeny obszarach piaszczystycha jego rozmieszczenie ograniczone jest do terenów: Czech, Słowacji, Niemiec i Polski. Centrum występowania tego siedliska przyrodniczego pokrywa się z obszarami Natura 2000 zlokalizowanymi w Polsce, w tym na terenie Parku Narodowego "Bory Tucholskie". Zbiorowisko to objęte jest unijną ochroną prawną jako jedno z siedlisk przyrodniczych programu Natura 2000 (91T0 – Środkowoeuropejskie lasy sosny zwyczajnej z porostami) w ramach Dyrektywy Rady 92/43/EWG o ochronie siedlisk naturalnych dzikiej fauny i flory. Celem podjętych w 2017 roku badań było określenie struktury przestrzennej 3D drzewostanów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) oraz jej wpływu na kształtowanie się podokapowych warunków mikroklimatycznych oraz tworzenie i osłonę wierzchnich warstw gleby. Wybrane parametry biometryczne i statystyki 3D chmur punktów LiDAR (ALS, TLS oraz HLS) drzewostanów określone były przed przeprowadzeniem zabiegów z zakresu ochrony czynnej (usunięcie części drzew z wydzielań). Skorelowanie cech przestrzennych drzewostanów, takich jak zwarcie poziome koron z istniejącymi zasięgami porostów, pozwoli na przeprowadzenie analizy predykcji występowania chrobotków w całym zasięgu administracyjnym PNBT. Projekt realizowany jest na 3 poziomach szczegółowości. Dla Poziomu L1 przeprowadzono analizę okapu drzewostanu na podstawie chmury punktów z lotniczego skanowania laserowego (ALS) pozyskanych z platformy wiatrakowca (gęstość > 40 pkt./m²). Poziom L2 bardziej szczegółowy polegał na pozyskaniu chmur punktów z Naziemnego Skanowania Laserowego (TLS) z około 180 stanowisk. W terenie zastabilizowano osnowę wysokościową w celu kontynuowania badań. Najbardziej szczegółowy poziom projektu L3 polegał na użyciu skanera światła strukturalnego oraz pasowania zdjęć (stereo-matching) w celu wymodelowania (OBJ) oraz wydrukowania 10 gatunków chrobotków. Analizy drzewostanu objęły określenie m.in. : liczby drzew w drzewostanach, zagęszczenia w drzewostanie szt./ha, pierśnicowego pola przekroju (g), zwarcia poziomego koron (%), wskaźnika penetracji (%), zmapowania luk w warstwie koron, średniej wysokości górnej drzew (p95), wysokości podstawy korony czy długości korony drzewa. Badania będą kontynuowane w 2018 roku (ponowny nalot ALS i skanowanie TLS) po przeprowadzeniu w 2017 zabiegów polegających na usunięciu ok. 1/3 biomasy nadziemnej i prześwietleniu drzewostanów.

WYKORZYSTANIE CHMUR PUNKTÓW LIDAR ORAZ POCHODZĄCYCH Z PROCESU DOPASOWANIA ZDJĘĆ LOTNICZYCH W PROCESIE OPRACOWANIA I AKTUALIZACJI MODELI BUDYNKÓW 3D DLA POTRZEB BIM

Piotr Wężyk¹, Artur Warchol^{2,3}, Karolina Zięba-Kulawik¹, Ewelina Lara², Monika Szparadowska⁴

¹ Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Instytutu Zarządzania
Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie,
p.wezyk@ur.krakow.pl

² ProGea 4D sp. z o.o., *artur.warchol@progea4d.pl*

³ Katedra Geodezji, Wyższa Szkoła Inżynierjno-Ekonomiczna w Rzeszowie

⁴ MSdron; *biuro@msdron.pl*

Ciągły rozwój technologii skanowania laserowego znanego pod akronimem LiDAR (ang. Light Detection And Ranging) oraz takich dyscyplin jak fotogrametria cyfrowa i widzenie komputerowe (ang. computer vision) tworzących szerokie spektrum zastosowań, skutkuje częstszym wykorzystaniem chmur punktów 3D w różnych dziedzinach, w tym, w geoinformatyce. Do wzrostu popularności aplikacyjności chmur punktów 3D LiDAR przyczyniają się projekty o zasięgu krajowym realizowane przez GUGiK, takie jak: ISOK czy CAPAP. W ramach pierwszego unikalnego na skalę europejską projektu zebrano dane pomiarowe ALS (*ang. Airborne Laser Scanning*) dla około 92% obszaru Polski, natomiast realizacja projektu CAPAP powoli uzupełnia ten zbiór do 100%. W przypadku części polskich miast nastąpi także aktualizacja danych ALS (Standard II). Pozyskane chmury punktów ALS spełniają wymagania dokładnościowe do opracowania modeli 3D budynków na zmodyfikowanym poziomie LOD2 (CityGML). Modele tego poziomu opracowania nie posiadają jednak ani realistycznych tekstur ani też odpowiednich barw, co nie oznacza, iż współczesne technologie na to nie pozwalają (np. poprzez zastosowanie zdjęć ukośnych). Modele budynków 3D mogą być wykorzystywane zarówno na poziomie koncepcyjnym, planistycznym czy aplikacyjnym (np. modele ocienienia) w szeroko rozumianym obszarze SmartCity.

Modelowanie informacji o budynku znane szerzej pod akronimem BIM (Building Information Modeling) wkracza dynamicznie na polski rynek architektów i planistów, ale także wykonawców i stopniowo służb odpowiedzialnych za wydawanie pozwoleń, decyzji i nadzór inwestycji. Jest to więc odpowiedni moment podjęcia testów pod kątem potencjału jakie stanowią chmury punktów ALS oraz inne technologie LiDAR (w tym TLS, MLS w różnych opcjach w tym tzw. technologii ubieralnych *ang. wearable*

LiDAR) w generowaniu modeli budynków 3D. Zaprezentowane testy dotyczyły integracji chmur punktów: ALS (ISOK), MLS_1 (Leica Pegasus Backpack), MLS_2 (Topcon IP-S3), TLS (Faro Focus 3D X130) oraz UAV (Yuneec Typhoon H520). W pracy analizowano przydatność poszczególnych chmur punktów 3D do opracowania modeli BIM budynków kampusu Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie przy al. 29 Listopada. Analizy prowadzono pod kątem dokładności geometrycznej wynikającej często z różnej gęstości danych oraz pod kątem czasochłonności. Wyniki zaprezentowano w postaci modelu IFC opracowanego na poziomie szczegółowości LOD300 (wg LOD Spec 2016 BIM Forum).

USING POINT CLOUDS FROM LIDAR AND STEREOMATCHING AERIAL PHOTOS IN CREATION AND UPDATING OF BUILDING MODELS FOR BUILDING INFORMATION MODELLING

Piotr Wężyk¹, Artur Warchol^{2,3}, Karolina Zięba-Kulawik¹, Ewelina Lara², Monika Szparadowska⁴

¹ *Institute of Forest Resources Management, Department of Forest Management, Geomatics and Forest Economics, Faculty of Forestry, University of Agriculture in Krakow, p.wezyk@ur.krakow.pl*

² *ProGea 4D sp. z o.o., artur.warchol@progea4d.pl*

³ *Department of Surveying, Rzeszów School of Engineering and Economics*

⁴ *MSdron; biuro@msdron.pl*

Development of technologies like LiDAR (Light Detection And Ranging), digital photogrammetry, and computer vision, increase point cloud data usage.

Head Office of Geodesy and Cartography (Polish: Główny Urząd Geodezji i Kartografii) aims to increase usage of spatial data. Projects such as ISOK and CAPAP led to capture and propagation of countrywide LiDAR data. The unique on European-scale project allowed performing an ALS (Airborne Laser Scanning) of about 92% of the area of Poland, while currently running project CAPAP should increase this number to 100%. Data for Polish cities will be updated to ALS (Standard II), with data stored in CityGML format with details available on LoD2 (Level of Detail 2 – representation with precision to the city quarter – 2 m width and 1 m height).

As more data become available it is possible to employ them in a completely new way. One of the new usages is Building Information Modeling (BIM), that is becoming more popular among Polish architects and urban planners, and also developers or even building inspectors.

The aim of this paper is to verify different technologies that allow creation of 3D Building Information Models based on ALS and other LiDAR (including TLS, MLS, and wearable LiDAR) data. The authors integrated following point clouds: ALS (from ISOK project), MLS_1 (Leica Pegasus Backpack), MLS_2 (Topcon IP-S3), TLS (Faro Focus 3D X13), and UAV (Typhoon H520). The analysis shows the usefulness of the point clouds in the creation of Building Information Models of the campus of the University of Agriculture in Cracow located at 29 Listopada Avenue. The main concern of the analysis was to determine geometrical precision and time intensity. The end results are created in LoD300 level of detail (according to LoD Spec 2016 BIM Forum).

ANALIZA PORÓWNAWCZA WŁAŚCIWOŚCI CHMUR PUNKTÓW OTRZYMANÝCH NA PODSTAWIE OBRAZÓW POZYSKANYCH Z NISKIEGO PUŁAPU ORAZ LOTNICZEGO SKANINGU LASEROWEGO

Damian Wierzbicki, Anna Fryškowska, Michał Kędzierski, Aleksandra Grochala

*Zakład Teledetekcji, Fotogrametrii i Rozpoznania Obrazowego, Wydział Inżynierii
Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa,
{damian.wierzbicki, anna.fryškowska, michal.kedzierski,
aleksandra.grochala}@wat.edu.pl*

Pozyskiwanie danych obrazowych z niskiego pułapu jest obecnie powszechnie stosowanym rozwiązaniem do mapowania niewielkich obszarów. Oprócz klasycznych produktów fotogrametrycznych w postaci ortofotomozaik, coraz częściej na podstawie obrazów pozyskanych z niskiego pułapu opracowywane są również numeryczne modele wysokościowe. Jest to możliwe dzięki intensywnemu rozwojowi w ostatnich latach coraz dokładniejszych algorytmów tzw. gęstego dopasowania obrazów, na podstawie, których generowane są gęste chmury punktów. Takie dane będące wynikiem zastosowania algorytmów Structure from Motion (SfM) coraz częściej zaczynają być porównywane z danymi otrzymanymi z lotniczego skaningu laserowego (ALS). Wraz z rosnącym zapotrzebowaniem na dokładność produktów fotogrametrycznych z niskiego pułapu, ocena ich dokładności i kompletności jest wciąż ważnym i aktualnym tematem badawczym. W ramach prac badawczych wykonano analizę porównawczą chmur punktów. Zestawem danych testowych była chmura punktów z ALS pozyskana dla obszaru wiejskiego oraz trzy zestawy chmur punktów o różnej rozdzielczości (niskiej – 1,83 pkt/m², średniej – 7,32 pkt/m² oraz wysokiej – 29,26 pkt/m²) opracowane na podstawie danych z niskiego pułapu. Otrzymane dane badano w pierwszym etapie, w oparciu o analizy wizualne punktów na podstawie różnych atrybutów. Podczas przeprowadzania tych analiz zauważono miejscowe zaszumienia chmur punktów uzyskanych przy pomocy algorytmów SfM. W drugiej części prac badawczych chmury punktów otrzymane z ALS potraktowano jako dane referencyjne i za pomocą wybranych metod statystycznych dokonano analiz porównawczych z chmurami punktów o różnych stopniach szczegółowości opracowanych na podstawie danych obrazowych pozyskanych z niskiego pułapu. Przedstawiono wyniki dla całego obszaru i małych fragmentów przedstawiających teren płaski, teren zurbanizowany i teren leśny. Dodatkowo zbadano dokładność odwzorowania kształtów wybranych dachów o różnych poziomach skomplikowania. Ostatnią analizą, była analiza profili chmur punktów. Przeprowadzone analizy porównawcze pokazały podstawowe różnice między chmurami punktów wygenerowanymi na podstawie obrazów z niskiego pułapu,

a chmurą punktów pozyskaną z ALS. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że dokładność chmur punktów otrzymanych na podstawie danych obrazowych z niskiego pułapu, pomimo zastosowania zaawansowanych algorytmów SfM jest wciąż zależna od wielu czynników zewnętrznych: począwszy od warunków fotografowania, a skończywszy na rozdzielczości obrazów źródłowych i dokładności ich orientacji. Wykazano również, że chmury punktów SfM w niektórych przypadkach mogą okazać się dokładniejsze od chmur punktów pozyskanych z ALS oraz mogą dokładniej odwzorowywać ukształtowanie terenu. Na podstawie badań wykazano, że wartość błędu średniego pomiędzy chmurą punktów z ALS a chmurą punktów z SfM wynosi dla terenów wiejskich ± 0.20 m przy uwzględnieniu terenów płaskich, pól uprawnych oraz gęstej zabudowy. Podsumowując na podstawie przeprowadzonych eksperymentów wykazano, że chmury punktów otrzymane za pomocą algorytmów SfM mają wysoki potencjał informacyjny i w przypadkach, gdzie dokładność nie jest priorytetem mogą być stosowane zamiast danych z ALS.

COMPARATIVE ANALYSIS OF POINT CLOUDS PROPERTIES DERIVED FROM UAV IMAGES MATCHING WITH DATA FROM AIRBORNE LASER SCANNING

Damian Wierzbicki, Anna Fryškowska, Michał Kędzierski, Aleksandra Grochala

Department of Remote Sensing, Photogrammetry and Imagery Intelligence, Geodesy Institute, Faculty of Civil Engineering and Geodesy, Military University of Technology, Warsaw, {damian.wierzbicki, anna.fryskowska, michal.kedzierski, aleksandra.grochala}@wat.edu.pl

Acquiring imagery data from the low altitude is a widely used solution for the mapping of small areas at present. In addition to classic photogrammetric products like orthophoto mosaics, digital terrain models are also increasingly being generated based on images obtained from a low altitude (UAV images). This is possible due to the intense development of more accurate dense image matching algorithms in recent years, on the basis of which dense point clouds are generated. Such data resulting from the use of Structure from Motion (SfM) algorithms are increasingly being compared with data obtained from aerial laser scanning (ALS). With a growing demand for the accuracy of photogrammetric products from the low altitude, the assessment of accuracy and their completeness is still an important and current research topic. As part of the research work, a comparative analysis of point clouds generated automatically from UAV images and data obtained from airborne laser scanning was performed. The set of test data was the ALS point clouds acquired for the rural area and three sets of point clouds with different resolution generated automatically from UAV images (low – 1,83 pkt/m², medium – 7,32 pkt/m² and high – 29,26 pkt/m²). Point clouds were tested in the first stage, based on the analysis of visual points on the basis of various attributes. Local noises of point clouds generated from dense image matching were noticed during these analyses. In the second part of the research, point clouds obtained from ALS were treated as reference data and using selected statistical methods were made for comparative analysis with point clouds from UAV images with different degrees of detail. The results for the test area and its fragments representing the flat area, the urbanized area and the forest area were presented. In addition, the accuracy of reproduction of selected roofs of buildings with different levels of complexity was investigated. The last analysis was the analysis of point clouds profiles. The comparative analyses carried out showed the basic differences between data generated from UAV images and data obtained from ALS. On the basis of the research, it was found that the accuracy of point clouds generated from UAV images, despite the use of

advanced SfM algorithms, is still dependent on many external factors: from the shooting conditions to the resolution of the source images and the accuracy of their orientation. It has also been shown that point clouds from UAV images in some cases may be more accurate than the ALS point clouds and may more accurately mapping the terrain. Based on the research, it was shown that the RMSE between ALS and UAV point clouds for rural areas, equals ± 0.20 m, taking into account flat areas, fields and urban areas. In summary, based on the conducted experiments, it was shown that the point clouds generated using SfM algorithms have a high information potential and in cases where accuracy is not a priority, they can be used in the absence of ALS data.

INTEGRACJA POMIARÓW ZDALNYCH, POWIERZCHNIOWYCH I WGLĘBNYCH W MONITOROWANIU AKTYWNOŚCI OSUWISK

Tomasz Wojciechowski, Zbigniew Perski, Piotr Nescieruk

Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy

Jednym z najistotniejszych elementów Systemu Osłony Przeciw osuwiskowej (SOPO) będącego platformą pozyskiwania i przetwarzania informacji o ruchach masowych oraz wsparcia głównie dla administracji rządowej i samorządowej jest monitorowanie aktywności osuwisk. W chwili obecnej monitorowaniu podlega 60 osuwisk w Karpatach, zagrażających istotnej infrastrukturze i obiektom użyteczności publicznej. Największe problemy stwarzają osuwiska skalne i skalno-zwietrzelinowe, gdzie zsuw pakietów skalnych obserwowany jest na kilku płaszczyznach poślizgu. Z tego powodu, aby monitoring miał możliwości predykcyjne ważne jest monitorowanie przemieszczeń zarówno wewnątrz materiału koluwalnego, jak i na jego powierzchni.

Monitoring osuwisk w ramach SOPO prowadzony jest instrumentalnie, a pomiary prowadzone są dwa razy w roku w okresach wiosennym i jesiennym, metodami wgłębnymi oraz naziemnymi przy dużym wsparciu zdalnych technik pomiarowych. Na każdym monitorowanym osuwisku prowadzone są wgłębne pomiary inklinometryczne oraz piezometryczne w specjalnie odwierconych otworach. Pomiary dotyczące aktywności powierzchniowej realizowane są na zastabilizowanych punktach pomiarowych technikami pomiarów GNSS. Na wybranych osuwiskach wykorzystuje się dodatkowo naziemny skaning laserowy. Wsparciem dla pomiarów powierzchniowych są dane fotogrametryczne i laserowe pozyskane z pułapu lotniczego. Zbiory danych monitoringowych są dodatkowo korelowane z wielkościami lokalnych opadów atmosferycznych pozyskanych za pomocą deszczomierzy zamontowanych w obrębie, bądź najbliższym sąsiedztwie osuwisk.

W referacie przedstawione zostaną założenia jak i wyniki kompleksowych analiz zintegrowanych danych pomiarowych dla wybranych przykładów osuwisk. Takie podejście okazało się być kluczem do określenia rzeczywistego stopnia aktywności osuwiska oraz jego zagrożenia. Na ich podstawie możliwe stało się wskazanie głębokości i miejsc aktywnych na danym osuwisku wraz z dynamiką zarejestrowanych ruchów. Analiza przyczynowa skutkowa pozwala przewidzieć zagrożenia osuwiskowe w przyszłości. Wyniki monitoringu osuwisk w ramach SOPO zestawiane są formie rocznych raportów i przekazywane administracji samorządowej. Pozyskane dane wykorzystywane są ponadto w budowanym systemie prognozy osuwiskowej.

INTEGRATION OF REMOTE SENSING, SURFACE AND SUBSURFACE MEASUREMENTS FOR MONITORING OF LANDSLIDE ACTIVITY

Tomasz Wojciechowski, Zbigniew Perski, Piotr Nescieruk

Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy

One of the most important elements of the Landslide Counteracting System (SOPO) is the monitoring of landslides activity. SOPO system is a platform for collecting and processing information about mass movements to support the government and local administration. Currently, 60 landslides that causing significant hazard to the infrastructure and public facilities are being monitored. The biggest problems are caused by rock landslides and complex landslides where the movement of rock packets stack occurring on multiple slip surfaces. In order for monitoring to have predictive potential, it is important to monitor displacements both inside the colluvial material and on its surface.

Landslide monitoring within SOPO is carried out instrumentally. The measurements are carried out twice a year in spring and autumn seasons. Surface and subsurface methods are applied with a strong support of remote sensing techniques. On each monitored landslide, inclinometric and piezometric measurements are made in specially drilled holes. Measurements of surface activity are carried out at the benchmarks using GNSS techniques. On selected landslides, terrestrial laser scanning is also applied. Photogrammetric and laser data obtained from the airborne platforms are furthermore applied. The monitoring data sets are additionally correlated with the values of local precipitation obtained with the use of rain gauges installed in the close vicinity of landslides.

The paper will present the assumptions as well as the results of comprehensive analyzes of integrated measurement data for selected landslide examples. This approach turned out to be the key to determining the actual level of landslide activity and its hazard. Based on that approach, it was possible to indicate the depth and active zones on a given landslides along with the dynamics of recorded movements. A cause and effect analysis allow to predict landslide hazard in the future. The results of landslide monitoring in the SOPO system are compiled in the form of annual reports and transferred to the local government administration. The acquired data are also used in the built-out landslide forecast system.

WYBRANE ASPEKTY INTEGRACJI I WIZUALIZACJI DANYCH 4D-GIS I 3D-BIM

A. Zarnowski¹, E. Levin², R.Shults²

¹ *Katedra Geoinformatyki, Politechnika Koszalińska,
aleksander.zarnowski@gmail.com*

² *School of Technology, Michigan Technological University, Houghton, USA,
(elevin,rshults)@mtu.edu*

Obecnie na całym świecie podejmowane są znaczne wysiłki w celu opracowania nowego paradygmatu znanego jako ulepszanie jakości życia poprzez planowanie architektoniczne, urbanistyczne i prace budowlane. Integralną częścią tego paradygmatu są modele informacyjne budynków (BIM). Aby uzyskać dane w celu budowy 3D-BIM wykorzystuje różne sensory i technologie geoprzestrzenne. W tym referacie opisano badania nowego zestawu sprzętu firmy Matterport do tworzenia 3D-modelei wewnątrz lokalu, celem których była ocena dokładności uzyskanych danych, możliwości ich późniejszej wizualizacji i integracji z GIS. Zestaw sprzętu firmy Matterport składa się z 6 kamer wideo i dalmierza. Cała technologia przetwarzania danych dla tego sprzętu jest oparta na chmurze punktów(ang. cloud-based).

Ocenę dokładności charakterystyk przestrzennych uzyskanej 3D-BIM przy pomocy ww. sprzętu przeprowadzono przy użyciu zainstalowanych na obiekcie testowym punktów kontrolnych (21 punkt). Współrzędne i wysokości punktów kontrolnych mierzono przy użyciu Total Station. Dokładność oceniano dla odległości i współrzędnych. Nasze eksperymenty wykazały, że dane uzyskane za pomocą zestawu sprzętu firmy Matterport mają systematyczne błędy około 40 milimetrów, które po skorygowaniu zapewniają całkowitą dokładność przestrzenną około 5 mm. Taka dokładność umożliwia zastosowanie tego sprzętu w celu monitorowania różnego rodzaju obiektów budowlanych po przeprowadzeniu odpowiedniej procedury kalibracji.

Kolejnym ważnym aspektem praktycznego zastosowania 3D-BIM jest jego wizualizacja 3D. Dla integracji wewnętrznego modelu budynku z GIS opracowano trójwymiarowy model budynku na podstawie cyfrowych zdjęć uzyskanych za pomocą drona DJI Phantom 4. Oprogramowanie Skyline (TerraExplorer, TerraBuilder i Photomesh) użyto do płynnej integracji trójwymiarowych danych 3B-BIM i 3D-GIS. W rezultacie udało nam się zbudować 4D-zbiór danych, który zapewnia bezproblemowy jednoczesny dostęp do danych GIS-3D i 3D-BIM w celu wykonywania różnego rodzaju analiz cech obiektu.

W referacie szczegółowo opisano eksperymenty, wyniki przetwarzania danych oraz przyszłościowy program badawczy.

SOME ASPECTS OF THE 4D-GIS AND 3D-BIM DATA INTEGRATION AND VISUALIZATION

A. Zarnowski¹, E. Levin², R.Shults²

¹ Dept. of Geoinformatics, Koszalin University of Technology, Koszalin, Poland,-
aleksander.zarnowski@gmail.com

² School of Technology, Michigan Technological University, 1400 Townsend Dr,
Houghton, MI 49931, USA - (*elevin, rshults*)@mtu.edu

Nowadays significant efforts are invested globally in development of the new paradigm known as quality of life within architectural engineering and construction industry. Building Information Models (BIM) is an integrative part of that paradigm. Various geospatial sensors and technology are involved in 3D BIM data obtaining. The current paper is describing research effort on accuracy estimation and integration with GIS of the novel Matterport sensor. Matterport comprises 6 video cameras and rangefinder. All the data processing technology is cloud-based for that sensor. In order to determine Matterport spatial accuracy was performed an experiment on measurements by means of by total station 21 control points installed at test object and compare those results with Matterport 3D dataset. Accuracy comparison was performed for both distances and coordinates. Our experiments indicated that Matterport data have systematic errors of around 40 millimeters that after removal of those systematic components brings overall spatial accuracy of the Matterport to 5 millimeters range. That means also the applicability of the Matterport sensor suite for the engineering communications monitoring task after performing a proper calibration procedure.

Another important aspect of practical 3D BIM use is 3D visualization. To integrated internal building model with GIS we generated 3D model based on aerial imagery and especially performed flight of the DJI Phantom 4 quadcopter. Skyline software products (TerraExplorer, TerraBuilder, and Photomesh) were deployed for the smooth integration of the 3D BIM and 3D GIS data. As result we were able to build 4D visualization dataset that provides smooth, simultaneous access and analysis to the 3D GIS and 3D BIM data.

This paper describes experiments, processing results and future research in more details.

MAKROFOTOGRAMETRIA W INWENTARYZACJI ZABYTKOWYCH RYTÓW W ZAMKU KRÓLEWSKIM

Dorota Zawieska, Jakub Markiewicz, Michał Łuba

*Zakład Fotogrametrii Teledetekcji i systemów Informacji Przestrzennej, Wydział
Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska,
e-mail: dorota.zawieska@pw.edu.pl, jakub.markiewicz@pw.edu.pl,
lubamichal.vexs@gmail.com*

Zabytkowe obiekty pełnią w społeczeństwie rolę świadków odległej historii, co narzuca to obowiązek ich konserwacji i rekonstrukcji dla przyszłych pokoleń. Do tego celu wykorzystywane są od wielu lat metody fotogrametryczne. Podczas tworzenia dokumentacji inwentaryzacyjnej, kluczowym aspektem jest dobranie do obiektu odpowiedniej metody pomiarowej oraz stworzenie odpowiednich warunków pracy. Obecnie, cyfrowe techniki pomiarowe stwarzają możliwość tworzenia dokumentacji fotogrametrycznej w postaci 3D, co jest szczególnie cenne dla zarówno dla konserwatorów zabytku, jak i tworzenia wirtualnych muzeów. Na szczególną uwagę zasługuje wykorzystanie do tego celu makrofotografii pozwalającej na odtwarzania niewielkich rozmiarów detali zabytkowych.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania makrofotografii do inwentaryzacji zabytkowych wzorów wrytych w ceglanych ścianach jednej z piwnic Zamku Królewskiego w Warszawie, zwanych rytami bądź gmerkami. Ściany piwnicy wykonano z cegły (20x10cm) na fundamencie kamiennym, gdzie w XVII w. mieściło się więzienie. Więźniowie pozostawili po sobie rysunki znaków i herbów. Cegły są zniszczone, miejscami zmurszałe, więc wiele gmerków jest ledwo widocznych, a ich głębokości wahają się w przedziale 3 do 5 mm.

Do inwentaryzacji rytów wykorzystano aparat małoobrazkowy Canon 5D Mark II z obiektywem makro 50 mm, lampę bezcieniową montowaną na obiektywie oraz specjalną ramę z bolcami stanowiącą osnowę fotogrametryczną. Dla zapewnienia odpowiedniej jakości modelu 3D, wykonano sieć zdjęć z dwóch różnych odległości, które zostały przetworzone przy wykorzystaniu algorytmów SfM/MVS w oprogramowaniu Agisoft PhotoScan.

Przeanalizowano wpływ: doboru punktów osnowy na dokładność procesu orientacji zdjęć, gęstości chmury punktów poprawność odtworzenia powierzchni, rozdzielczość Numerycznego Modelu Pokrycia Powierzchni na szczegółowość odwzorowania kształtu oraz dobór parametrów ortorektyfikacji i mozaikowania na dokładność wygenerowania ortoobrazów.

MACRO PHOTOGRAMMETRY IN INVENTORY OF HISTORICAL ENGRAVINGS AT THE ROYAL CASTLE IN WARSAW

Dorota Zawieska, Jakub Markiewicz, Michał Łuba

*Division of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems, Faculty
of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology
e-mail: dorota.zawieska@pw.edu.pl, jakub.markiewicz@pw.edu.pl,
lubamichal.vexs@gmail.com*

In the community historical objects play the role of witnesses of the past history. This creates an obligation to preserve and reconstruct them for the future generations. Photogrammetric methods have been applied for those purposes for many years. In the process of development of inventory documentation the key aspects relate to selection of appropriate measuring methods for particular objects and creation of appropriate working conditions. At present, digital measuring techniques allow to develop 3D photogrammetric documentation which is particularly valuable both, for conservators of historical objects, as well as for creating virtual museums. Particular attention should be paid to utilisation of macro photography for that purpose which allows for recreate small fragments of historical details.

The objective of this paper is to present possible use of macro photography for inventory of historical patterns engraved in brick walls of one of cellars of the Royal Castle in Warsaw; they are called engravings or house marks. The cellar walls were made of bricks (20x10cm) on the stony foundations, where a prison was located in the 17th century. Prisoners left their drawings of signs and crests. Bricks are destroyed, some of them are moss-grown, so many engravings are hardly visible and their depths vary between 3 and 5 mm.

The Canon 5D Mark II camera with the 50 mm macro lens was used to inventory engravings together with the shadow free flash, mounted on the lens and a special frame with bolts, being the photogrammetric control. To ensure the high quality of the 3D model, a network of photographs were acquired from two different distances; they were processed with the use of SfM/MVS algorithms in Agisoft PhotoScan software.

The paper discusses the impact of selection of control points on the accuracy of the orientation process, the impact of the point cloud density on correct projection of the terrain surface, the influence of the DSM resolution on details of projection of shapes and selection of orthorectification and mosaicking parameters on the accuracy of orthoimage generation.

ZASTOSOWANIE FOTOGRAMETRII I TELEDETEKЦИИ W MONITORINGU WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH - PROJEKT SAFEDAM

Dagmara Zelaya Wziętek^{1,2}, Edmund Sieński¹, Andrzej Balcerzak¹, Maciej Wrześniński¹, Tomasz Ryfa¹, Krzysztof Bakula², Beata Weintrit³, Zdzisław Kurczyński²

¹ *Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB,
Katowice ul. Kossutha 6, sekretariat.otkz@imgw.pl*

² *Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydział
Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska,*

³ *Astri Polska Sp. z o.o. Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa*

W obliczu corocznych powodzi występujących z różnym natężeniem w Polsce, zapobieganie możliwym kataklizmom związanym z podwyższonym stanem wody stanowi priorytet. Aby zapewnić odpowiedni czas reakcji pozwalający na podjęcie działań zabezpieczających obiekty piętrzące wodę niezbędny jest system wczesnego ostrzegania. Stworzenie systemu, który umożliwi ciągły monitoring wałów przeciwpowodziowych zbierając aktualne dane geoprzestrzenne i analizując pozyskane informacje zestawiając je z danymi z dostępnych w Polsce baz danych jest dużym wyzwaniem. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom od roku 2015 realizowany jest projekt SAFEDAM, którego głównym celem jest stworzenie bezinwazyjnego systemu monitoringu wałów przeciwpowodziowych. System SAFEDAM umożliwia identyfikację potencjalnego zagrożenia wystąpienia awarii wału (tryb prewencyjny) oraz wspomaga przeprowadzenie akcji ratowniczych w momencie wystąpienia zagrożenia powodzią (tryb interwencyjny). Jego kluczowym produktem jest ocena zagrożenia wałów przeciwpowodziowych prezentowana w systemie IT opierająca się na szczegółowej analizie danych teledetekcyjnych oraz geotechnicznych. Referat prezentuje metodykę określania oceny zagrożenia wystąpienia awarii wałów przeciwpowodziowych, która określa stopień niebezpieczeństwa powstania przebiccia hydraulicznego, przerwania ciągłości wału lub przelania wody przez koronę wału. Podstawą oceny jest wielokryterialna analiza wieloźródłowych danych w tym hydrologicznych, geofizycznych i geotechnicznych parametrach wałów przeciwpowodziowych, geoprzestrzennych alertów wysyłanych przy użyciu aplikacji mobilnej oraz zmian pokrycia i morfologii wałów przeciwpowodziowych śledzonych za pomocą skaningu laserowego oraz obrazowaniu lotniczemu. Stworzona metodyka opiera się na specjalistycznych przetworzeniach, ale zakłada również zaangażowanie społeczeństwa w proces przesyłu informacji na temat potencjalnych zagrożeń. Projekt SAFEDAM finansowany jest przez NCBR i potrwa do końca 2018 roku.

**APPLICATION OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING IN
LEVEES MONITORING - SAFEDAM PROJECT**

Dagmara Zelaya Wziątek^{1,2}, Edmund Sieński¹, Andrzej Balcerzak¹, Maciej Wrześniński¹, Tomasz Ryfa¹, Krzysztof Bakula², Beata Weintrit³, Zdzisław Kurczyński²

¹ *Dam Monitoring Centre, Institute of Meteorology and Water Management - National Research Institute, Katowice, Poland, sekretariat.otkz@imgw.pl*

² *Department of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Systems, Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland, zftisip@pw.edu.pl*

³ *Astri Polska Sp. z o.o. Al. Krakowska 110/114, 02-256 Warszawa*

Considering floods occurring every year with varying intensity in Poland, the prevention of possible cataclysms associated with increased water levels is the priority. To ensure an adequate response time allowing action to be taken to protect water damming facilities, an early warning system is necessary. Creating a system that will enable for continuous monitoring of flood levees by collecting actual geospatial data and analyzing the acquired information, comparing it with data from available databases in Poland is a big challenge. To meet the expectations the SAFEDAM project has been carried out since 2015. Its main goal is to create a non-invasive monitoring system for flood dykes. The SAFEDAM system enables the identification of a potential threat of levee (preventive mode) and supports management of rescue operations when a flood hazard occurs (intervention mode). Its key product is the assessment of risk for failure of flood levee presented in the IT system based on a detailed analysis of remote sensing and geotechnical data. The paper presents the methodology for determining the risk assessment for failure of flood levee, which determines the degree of danger of hydraulic breakdown, interruption of dykes or water overflow through the levee crown. The basis of the assessment is multicriterial analysis of multi-source data including hydrological, geophysical and geotechnical parameters of flood embankments, geospatial alerts sent using a mobile application and changes in land cover and morphology of flood levee tracked by laser scanning and aerial imaging. The methodology developed is based on specialized processing, but also allow to involved the society in the process of transmitting information on potential threats. The SAFEDAM project is financed by NCBR and will end until the end of 2018.