

IN MEMORIAM



**ANDRZEJ BORKOWSKI (1959-2021)**

**Grzegorz Józków, Kamila Pawłuszek-Filipiak**

Institute of Geodesy and Geoinformatics, Faculty of Environmental Engineering and Geodesy, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

KEY WORDS: photogrammetry, achievements, professor, in memoriam, memory, review

ABSTRACT: The article presents the profile of Professor Andrzej Borkowski, who was born in 1959 and passed away in 2021. For most of his life, the professor of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences, heading the Institute of Geodesy and Geoinformatics. His main scientific interests were photogrammetry and airborne laser scanning, especially in the field of data processing of these technologies and integration with other remote sensing techniques. He was the author or co-author of about 300 scientific papers, and the supervisor of about eighty diploma theses. He promoted ten doctors. He was active in the Polish Society for Photogrammetry and Remote Sensing, the Association of Polish Surveyors; he was involved in cooperation with foreign organizations, i.e. the International Association of Geodesy (IAG). The article in Polish and English summarizes his important scientific achievements for Polish and international photogrammetry and remote sensing.

**PROFESSOR BORKOWSKI'S BIOGRAPHY AND ACHIEVEMENTS**

Andrzej Borkowski was born on October 7, 1959 in Łuków. He passed his matriculation exam in 1979, after graduating from the Geodetic Technical School in Żelechów, and then began studies at the Agricultural University in Wrocław (now Wrocław University of Environmental and Life Sciences) at the Faculty of Water Reclamation, Department of Agricultural Surveying. He completed his studies in 1984 with a very good result and received the master in science (MSc) degree in Agricultural Surveying.

In the same year, Andrzej Borkowski was employed as a trainee assistant at the Institute of Geodesy and Mathematical Applications (later the Department of Geodesy and Photogrammetry, now the Institute of Geodesy and Geoinformatics) of the Agricultural University in Wrocław, and two years later he was promoted to an assistant. While working in this position, Andrzej Borkowski also served a six-month apprenticeship at the Surveying and Cartographic Company in Wrocław. In 1988, he was hired as a senior assistant. Already during his first period of professional work, Andrzej Borkowski showed scientific interest related to the use of numerical methods and computers in solving surveying tasks ([Borkowski et al., 1987](#); [Borkowski et al., 1988](#)). These interests resulted in a scholarship from the German Academic Exchange Service (Deutscher Akademischer Austauschdienst - DAAD) at the Technical University of Dresden, Faculty of Forst- Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Planetare Geodäsie (1990-1994). During this fellowship, Andrzej Borkowski carried out research related to the theory of stochastic processes in data modeling (Meier and Borkowski, 1992, 1993). The result of this work was the development, together with Prof. Siegfried Meier, of a theory describing the relationship between the vertical and horizontal discretization interval of one- and two-dimensional, continuous and discrete random signals. On this basis he developed an original method for selecting the optimal GRID size for Digital Terrain Models (DTMs) interpolated from a contour map ([Borkowski & Meier, 1994](#)). The result of the DAAD scholarship was a PhD dissertation entitled “Stochastisch-geometrische Beschreibung, Filterung und Präsentation des Reliefs” ([Borkowski, 1994](#)), on the basis of which Andrzej Borkowski received his doctoral degree (with honors; summa cum laude) on March 24th, 1994. The reviewers of the thesis were Prof. Dr. habil. Siegfried Meier of the Technical University of Dresden, Prof. dr. habil. Ewa Krzywicka-Blum of the Agricultural University in Wrocław, and Prof. dr. habil. Karl Kraus of the Technical University of Vienna.

Andrzej Borkowski returned to Poland in 1994 and was hired as an assistant professor in the Department of Geodesy and Photogrammetry at the Agricultural University in Wrocław and obtained state surveying licenses in two scopes. He continued his scientific cooperation with the Technical University of Dresden, particularly with Prof. Meier ([Meier et al., 1995](#)) during several short-term scientific missions. During this period, Andrzej Borkowski worked on improving thin plate splines in the process of cartographic generalization ([Borkowski et al., 1997](#); [Borkowski, 1997](#); [Borkowski and Meier, 2000](#)). In parallel, he began research work related to airborne laser scanning technology, which at the time was in its development phase and mainly used profiles. Andrzej Borkowski focused his research in this area on the use of active contours (snakes) for modeling airborne laser scanning data ([Borkowski et al., 1997](#), [Borkowski et al., 1999](#), [Borkowski and Meier, 1999, 2000, 2001](#)), particularly for gross error filtering. After the introduction of new-type scanners with scanning mechanisms in the late 1990s, airborne laser scanning became a surface technique. Accordingly, Andrzej Borkowski began work on generalizing the active contour model to the active surface model. He carried out this work mainly during multiple research stays in 2001-2003 at the University of Stuttgart in cooperation with, among others, Prof. Wolfgang Keller, and during an ongoing Ministry of Science and Higher Education grant entitled “Modelowanie powierzchni terenu na podstawie danych skaningu laserowego” (Terrain surface modeling based on laser scanning data) (2002-2004), of which he was the manager. The result of this work is an original method of surface approximation from laser

scanning point data ([Borkowski & Keller, 2003](#)). The developed method of active surfaces (called flakes by the authors) was also used to filter gross errors in airborne laser scanning data and to model break lines of terrain surfaces from laser scanning point cloud ([Borkowski, 2003](#)). A monograph entitled “Modellierung von Oberflächen mit Diskontinuitäten” ([Borkowski, 2004](#)) was a summary of work on the processing and modeling of laser scanning data using the active surface method and became habilitation thesis of Andrzej Borkowski who received his habilitation degree from the Faculty of Forst- Geo- und Hydrowissenschaften of the Technical University of Dresden on October 25th, 2004. The habilitation degree was nostrified at the AGH University of Science and Technology in Cracow by a resolution of the Council of the Faculty of Mining Geodesy and Environmental Engineering of the AGH University of Science and Technology dated March 31st, 2005, recognizing the habilitation degree obtained at the Technical University of Dresden as equivalent to the habilitation degree in geodesy and cartography obtained in Poland, approved by the Central Commission for Degrees and Titles on October 24th, 2005.

Andrzej Borkowski continued his work on airborne laser scanning during subsequent research projects of the Ministry of Science and Higher Education. As part of the project entitled „Zastosowanie lotniczego skaningu laserowego do budowy numerycznego modelu terenu dla potrzeb modelowania hydrodynamicznego” (Application of airborne laser scanning to build a digital terrain model for hydrodynamic modeling) (2005-2007), the team led by Andrzej Borkowski was the first in Poland (not counting scanning for demonstration purposes) that performed airborne laser scanning of the Widawa River valley ([Borkowski, 2006](#); [Borkowski et al., 2006b, 2006c](#)). The scanning was performed in cooperation with the Institute of Navigation of the University of Stuttgart, with a prototype ScaLARS scanner and an AN-2 airplane adapted for this purpose by the team. The result of this work was the building of DTM from the airborne laser scanning data and the determination of its accuracy parameters ([Borkowski et al, 2006a](#); [Goluch et al, 2007, 2008](#); [Borkowski & Jóźkow, 2008c](#)), as well as determining the possibility and scope of their application for hydrodynamic modeling ([Tymkow & Borkowski, 2006](#); [Goluch et al, 2009](#); [Tymkow et al, 2009](#)). At the same time, proprietary methods and algorithms for modeling terrain break lines ([Borkowski and Keller, 2005](#); [Borkowski & Ziemia, 2006](#); [Borkowski, 2007](#)) and filtering of airborne laser scanning data ([Borkowski, 2005](#); [Borkowski & Jóźkow, 2006, 2007, 2008a, 2008b](#); [Borkowski & Sosnica, 2009](#)) were improved. In parallel, research has been carried out on the problems of integrating airborne laser scanning data with data from passive sensors and modeling this type of data for automatic identification of land cover forms and for hydrodynamic modeling ([Tymkow et al, 2006](#); [Borkowski & Tymkow, 2007](#); [Tymkow & Borkowski, 2007, 2008](#)). Another conducted research concerning laser scanning data was the construction of 3D models based on point clouds. In this regard an original algorithms for vegetation modeling ([Tymków & Borkowski, 2010a, 2010b](#)) and building modeling ([Jarzabek-Rychard & Borkowski A, 2010, 2011, 2016](#); [Sochiera & Borkowski, 2016](#)) were developed. It is worth noting that the results of this work were also used in practice for 3D modeling of buildings ([Borkowski & Jóźków, 2012a, 2012b](#); [Borkowski et al., 2013](#)) within the framework of the project „Opolskie w Internecie – system informacji przestrzennej i portal informacyjno-promocyjny Województwa Opolskiego” (Opolskie Province on the Internet - spatial information system and information and promotional portal of the Opole

Province) (2010-2011). In 2007 Andrzej Borkowski was promoted to the position of associate professor, and two years later he became director of the Institute of Geodesy and Geoinformatics at the Wrocław University of Environmental and Life Sciences.

In the next period of his scientific work, Andrzej Borkowski focused on applications of laser scanning technology in environmental research and integration of scanning data with other photogrammetric and remote sensing techniques, including satellite radar interferometry (InSAR) and low-altitude photogrammetry. Research using laser scanning technology focused mainly on monitoring of landform changes caused by various natural processes, such as water erosion ([Niemiec et al., 2009](#)) or mass movements ([Borkowski et al., 2011](#); [Wojciechowski et al., 2012](#)). Andrzej Borkowski was one of the first in Poland to address the topic of landslide studies using airborne laser scanning and satellite radar interferometry data ([Perski et al., 2010, 2011](#); [Pawluszek-Filipiak et al., 2021](#)) to which the project “INSAR-LIDAR: integracja danych interferometrii radarowej i lotniczego skaningu laserowego na potrzeby badania zjawisk osuwiskowych” (INSAR-LIDAR: integration of radar interferometry and airborne laser scanning data for the study of landslide phenomena) (2009-2012) was devoted. During this period, Andrzej Borkowski also received the professor title (2013). Application research related to landslides was continued by Prof. Borkowski's team in the following years and in particular focused on the detection of existing landslides based on derivatives generated from DTMs created from airborne laser scanning data ([Pawluszek et al., 2018](#)) but also concerned modeling landslide susceptibility based on DTM and other data, such as geological and hydrological data ([Pawluszek & Borkowski, 2017](#)). In this regard, conducted investigations were directed toward the use of classification methods along with consideration of object-oriented image analysis ([Pawluszek et al., 2019](#)) as well as artificial intelligence methods ([Pawluszek-Filipiak & Borkowski, 2020b](#)). Similar research on land deformation monitoring was conducted by Prof. Borkowski and his team as part of the EPOS-PL and EPOS-PL+ projects. In particular, the work carried out concerned the application of InSAR methods in monitoring deformations in mining areas, which, due to their high nonlinearity in time and large deformation gradient, are extremely difficult to observe using InSAR methods ([Ilieva et al., 2019](#); [Pawluszek-Filipiak et al., 2023](#)). Therefore, these investigations presented approaches that integrate different techniques as well as results from different SAR data in order to use them more effectively in monitoring mining areas ([Pawluszek-Filipiak & Borkowski 2020a](#); [Pawluszek-Filipiak & Borkowski 2021](#); [Pawluszek-Filipiak et al., 2022](#)). Work related to terrain deformation monitoring in mining areas has also been carried out using photogrammetric and laser scanning data, particularly those collected using Unmanned Aerial Systems ([Józków et al., 2021](#)). Research related to monitoring landform changes has also been carried out by Prof. Borkowski's team in other aspects such as the use of terrestrial laser scanning data to determine changes caused by fluvial transport in mountain riverbed. These changes were determined in terms of identifying areas with rock loss and gain ([Józków et al., 2016](#)) and in relation to individual rock grains with large fractions ([Walicka et al., 2018, 2019a, 2019b, 2021](#)), for which original methods were developed. These methods allow for segmentation of individual grains and matching them to determine their displacement and rotation parameters.

Another area of applied research conducted by Prof. Borkowski's team concerned vegetation, including monitoring its growth using low-altitude photogrammetry ([Karpina et al., 2016](#)) and determining the parameters of orchard trees based on airborne laser scanning data ([Hadaś et al., 2016, 2017](#)) and UAS scanning data ([Hadaś et al., 2018, 2019, 2020](#)). In the field of low-altitude photogrammetry, ongoing work has also addressed the quality of data acquired with low-cost scanners ([Józków et al., 2017](#)) and the possibility of using different sensors to identify water extent ([Tymków et al., 2021](#)). In addition to research related to the environment, Professor Borkowski has participated in work related to the use of airborne laser scanning data in the identification of topographic objects ([Mendela-Anzlik & Borkowski, 2017](#)) such as water bodies ([Mendela & Borkowski, 2013](#)), buildings ([Keller & Borkowski, 2011](#)) and roads ([Kaczalek & Borkowski, 2016](#)).

Other, non-photogrammetry and remote sensing related research work in which Prof. Borkowski participated should also be mentioned. Such research was mainly related to geodynamics ([Kontny et al., 2004, 2006](#)), geodetic networks ([Borkowski et al., 2002, 2003a, 2003b](#); [Bosy et al., 2009](#); [Osada et al., 2017, 2018](#)), and troposphere ([Bosy & Borkowski, 2006](#); [Bosy et al., 2010](#)) and ionosphere ([Krypiak-Gregorczyk et al., 2017](#)) parameters modeling using Global Navigation Satellite System (GNSS) data.

Andrzej Borkowski was the manager and contractor of many scientific grants. He managed Ministry of Science and Higher Education projects five times, and was also the manager of two grants from the German Space Agency (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR), one grant from the European Space Agency (ESA), one grant from the European Union under the Climate-KIC program, and two further grants in cooperation with the Technical University of Dresden and the University of Stuttgart. In addition to scientific grants, he has also carried out work for other entities (e.g. industry, external companies, public administration), and has been the manager of fourteen such contracts. Andrzej Borkowski is the author or co-author of about 300 scientific works, of which more than 100 are scientific articles published among others in JCR (Journal Citation Report) distinguished journals. He is also the holder of one patent. He has presented research results at many national and international scientific conferences organized by international scientific societies (e.g. IAG, IUGG, ISPRS, FIG, EGU, EUREF). He organized, as chairman or secretary of the organizing committee, several national conferences, and was a member of the scientific committee in many others. He also participated in the editorial board of several journals. Since 2006, he was a member of the Program Council and editor-in-chief of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences publishing house. From 2007 to 2013, he was chairman of the Editorial Board of the "Geodesy and Cartography" series in EJPAU, and from 2010 he chaired the editorial board of the "Geodesia et Descriptio Terrarum" series in Acta Scientiarum Polonorum. Since 2015, he was a member of the editorial board of the journal Acta Geodynamica et Geomaterialia of the Czech Academy of Sciences. In addition to his editorial work, he also participated in the work of various scientific societies. In 2017, he was one of the few from outside the German-speaking area to be elected as a correspondent member of the German Geodesy Commission of the Bavarian Academy of Sciences (Ausschuss Geodaesie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften – DGK). He was also a member of the International Association of Geodesy

(IAG) and an elected member of the Committee on Geodesy of the Polish Academy of Sciences, as well as a member of the Polish Society for Photogrammetry and Remote Sensing and the Association of Polish Surveyors. Since 2014, he was a member of the qualification committee for professional licenses at the office of Chief Land Surveyor in Poland. Professor Borkowski was also very active in the field of teaching. Throughout his career, he taught lectures and exercises in more than a dozen courses (e.g. geodesy, higher geodesy, adjustment theory, geographic information systems, informatics in geodesy, methods of geodata processing, laser scanning technology, remote sensing monitoring of land surface deformation, UASd in geodesy) to Geodesy and Cartography students in both graduate and engineering programs, and also taught in doctoral and postgraduate programs. He was respected and appreciated by his students, despite the fact that he was very demanding - passing the "Adjustment theory" exam in the second year gave students a "green light" to graduate in engineering. Andrzej Borkowski has authored and co-authored many teaching materials, including, among others, co-authoring an academic textbook published in German ([Meier & Borkowski, 2011](#)) and authoring a chapter in a manual for trainees on the use of LiDAR products ([Borkowski, 2014](#)). Professor Borkowski has been the supervisor of about eighty master and bachelor theses, many of which were awarded at national competitions. He promoted ten PhDs (one of the defenses took place after his death). He was also a reviewer in many doctoral, habilitation and professorial procedures. For his scientific, teaching and organizational achievements, Prof. Borkowski was many times awarded with the Rector's Awards of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences (formerly the Agricultural University). He also received the award of the Minister of National Education, as well as the prestigious Lohrmann Medal (Lohrmann-Medaille) awarded by the Rector of the Technical University of Dresden. In 2007 he was awarded the Bronze Cross of Merit (Brązowy Krzyż Zasługi), and posthumously the Knight's Cross of the Order of Polonia Restituta (Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski).

Andrzej Borkowski passed away in Wrocław on March 13th, 2021 and was buried in the cemetery at St. Anne's Church in Opole - Czarnowąsy.

## LITERATURE

Borkowski A., Cieśla J., Kowalczyk T., 1987. Wyznaczanie maksymalnych podzbiorów reperów względnie stałych przy analizie deformacji. W: III Konferencja Naukowo-Techniczna "Analiza i interpretacja wyników geodezyjnych pomiarów deformacji." Polanica Zdrój, 5-7 listopada 1987 roku, s. 36-41.

Borkowski A., Cieśla J., Kontny B., 1988. Program obliczenia sieci modułarnych na komputerze IBM XT/AT. Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej, Nr 55, s. 13-16.5.

Borkowski A., 1994. Stochastisch-geometrische Beschreibung, Filterung und Präsentation des Reliefs. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München, Reihe C, H. Nr 431, 85 s.

- Borkowski A., Meier S., 1994. Ein Verfahren zur Schätzung der Rasterweite für digitale Höhenmodelle aus topographischen Karten. *Geo-Informationssysteme*, H 1, s. 2-5.
- Borkowski A., 1997. Aktywne funkcje sklepane. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław*, nr 324, *Geodezja i Urządzenia Rolne XIV*, s. 61-67.
- Borkowski A., Burghardt D., Meier S., 1997. Zur optimalen Asroximation von Höhenprofilen. *Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation* 85 H. 4, s. 281-285.
- Borkowski A., Burghardt D., Meier S., 1999. A fast snakes algorithm using the tangent angle function. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 32, Part, 3-2W5, s. 61-65.
- Borkowski A., Meier S., 1999. Versuche zur robusten Snakes-Asroximation von Höhenprofilen mit Diskontinuitäten. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*, nr 6, s. 381-390.
- Borkowski A., Meier S., 2000. Aktywne funkcje sklepane jako narzędzie do realizacji dystynktywności znaków w procesie generalizacji kartograficznej. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław*, nr 394, *Geodezja i Urządzenia Rolne XIV*, s. 55-65.
- Borkowski A., Meier S., 2001. Robustification of Tangent Angle Function Snakes. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*, nr 2, s. 129-135.
- Borkowski A., Bosy J., Kontny B., 2002. Meteorological Data and Determination of Heights in Local GPS Networks - Preliminary Results. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)*, s. *Geodesy and Cartography*, Vol. 5 No. 2.
- Borkowski A., 2003. Modelowanie powierzchni terenu zawierającej linie nieciągłości na podstawie danych skaningu laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 13 B, s. 307-314.
- Borkowski A., Bosy J., Kontny B., 2003a. Analiza wpływu refrakcji troposferycznej na wyznaczone współrzędne punktów sieci GPS. [w:] *Problematyka opracowania obserwacji satelitarnych GPS w precyzyjnych sieciach lokalnych*. Praca zbiorowa: Bosy J., Figurski M. (red.), Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 2003.
- Borkowski A., Bosy J., Kontny B., 2003b. Nawiązanie sieci lokalnych do sieci regionalnych i globalnych poprzez stacje obserwacji permanentnych. [w:] *Problematyka opracowania obserwacji satelitarnych GPS w precyzyjnych sieciach lokalnych*. Praca zbiorowa: Bosy J., Figurski M. (red.), Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 2003.
- Borkowski A., Keller W., 2003. Modelling of irregularly sampled surfaces by two-dimensional snakes. *Journal of Geodesy*, Vol. 77, s. 543-553.
- Borkowski A., 2004. Modellierung von Oberflächen mit Diskontinuitäten. *Deutsche Geodätische Kommission. München, Reihe C, Heft 575*, 91 s.
- Borkowski A., 2005. Filtracja danych lotniczego skaningu laserowego z wykorzystaniem metody aktywnych powierzchni. *Roczniki Geomatyki*, tom III, zeszyt 4, s. 35-42.

- Borkowski A., Keller W., 2005. Global and local methods for tracking the intersection curve between two surfaces. *Journal of Geodesy*, Vol. 79, s. 1-10.
- Borkowski A., 2006. Lotniczy skaniny laserowy jako metoda pozyskiwania danych dla potrzeb modelowania hydrodynamicznego. *Aktualne problemy rolnictwa, gospodarki żywnościowej i ochrony środowiska*. AR Wrocław, s. 129-136.
- Borkowski A., Gołuch P., Mokwa M., Tymków P., 2006a. Wykorzystanie lotniczego skaniny laserowego do budowy numerycznego modelu terenu doliny rzeki Widawy. *Problemy Hydrotechniki*, s. 171-178.
- Borkowski A., Gołuch P., Wehr A., 2006b. Rejestracja doliny rzeki Widawy z wykorzystaniem lotniczego skanowania laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16., s. 53-62.
- Borkowski A., Gołuch P., Wehr A., Schiele O., Thomas M., 2006c. Airborne laser scanning for the purpose of hydrodynamic modelling of Widawa river valley. *Reports on Geodesy*, No 2(77), s. 85-94.
- Borkowski A., Jóźków G., 2006. Wykorzystanie wielomianowych powierzchni ruchomych w procesie filtracji danych pochodzących z lotniczego skaniny laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16., s. 63-73.
- Borkowski A., Ziemia E., 2006. Surface breaklines interpolation on the basis of terrestrial laser scanning data. *Reports on Geodesy*, No 2(77), s. 95-102.
- Borkowski A., 2007. Modelowanie linii krawędziowych powierzchni na podstawie danych skaniny laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 17., s. 73-82.
- Borkowski A., Jóźków G., 2007. Ocena poprawności filtracji danych lotniczego skaniny laserowego metodą aktywnych powierzchni. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 17., s. 83-92.
- Borkowski A., Tymków P., 2007. Wykorzystanie danych lotniczego skaniny laserowego i zdjęć lotniczych do klasyfikacji pokrycia terenu. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 17., s. 93-104.
- Borkowski A., Jóźków G., 2008a. Airborne Laser Scanning Data Filtering Using Flakes. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, Part B3b, s. 179-184.
- Borkowski A., Jóźków G., 2008b. Filtracja danych lotniczego skaniny laserowego metodą ruchomych powierzchni wielomianowych - weryfikacja metody. *Acta Scientiarum Polonorum seria Geodesia et Dercriptio Terrarum*, (7)2, s. 15-27.
- Borkowski A., Jóźków G., 2008c. Aproksymacja powierzchni terenu na podstawie danych lotniczego skaniny laserowego z wykorzystaniem metody aktywnych powierzchni. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 18, s. 21-30
- Borkowski A., Sośnica K., 2009. Zastosowanie dyskretnej transformacji falkowej do filtracji danych lotniczego skaniny laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, s. 35-46.



- Borkowski A., Perski Z., Wojciechowski T., Józków G., Wójcik A., 2011. Landslides masing in Roznow lake vicinity, Poland using airborne laser scanning data. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, Vol. 8, No 3(163), 1-6.
- Borkowski A., Józków G., 2012a. Accuracy Assessment of Building Models Created from Laser Scanning Data. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 39-B3, s. 253-258.
- Borkowski A., Józków G., 2012b. Ocena dokładności modelu 3D zbudowanego na podstawie danych skaningu laserowego - przykład zamku Piastów Śląskich w Brzegu *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 23, s. 37-47.
- Borkowski A., Jarząbek-Rychard M., Tymków P., Józków G., 2013. Wykorzystanie danych skaningu laserowego do modelowania 3D fortów obronnych na przykładzie Fortu Prusy w Nysie. *Architektura Krajobrazu*, Vol. 4 (41), s. 30-41.
- Borkowski A., 2014. Numeryczne modele wysokościowe i produkty pochodne. [w:] *Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR. Informatyczny System Osłony Kraju (ISOK) przed nadzwyczajnymi zagrożeniami*. Wężyk P. (red.), ProGea Consulting, s. 110-131.
- Bosy J., Borkowski A., 2006. Troposphere modeling in local GPS network. *EUREF. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, Band 38, s. 356-362.
- Bosy J., Kontny B., Borkowski A., 2009. IGS/EPN reference frame realization in local GPS networks. [in:] H. Drewes (ed.), *Geodetic Reference Frames. International Association of Geodesy Symposia*, s. 197-204.
- Bosy J., Rohm W., Borkowski A., Figurski M., Kroszczyński K., 2010. Integration and verification of meteorological observations and NWP model data for the local GNSS tomography. *Atmospheric Research*, Vol. 96, s. 522-530.
- Gołuch P., Borkowski A., Józków G., 2007. Ocena dokładności danych lotniczego skaningu laserowego systemu ScaLARS. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 17., s. 261-270.
- Gołuch P., Borkowski A., Józków G., 2008. Badanie dokładności NMT interpolowanego na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego systemu ScaLARS. *Acta Scientiarum Polonorum seria Geodesia et Dercriptio Terrarum*, (7)2, s. 37-47.
- Gołuch P., Borkowski A., Józków G., Tymków P., Mokwa M., 2009. Aslication of Digital Terrain Model generated from Airborne Laser Scanning data in Hydrodynamic Modelling. *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol. XXXI No. 3, s. 61-72.
- Hadaś E., Borkowski A., Estornell J., 2016. Algorithm for the automatic estimation of agricultural tree geometric parameters using Airborne Laser Scanning data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B8, s. 629-632.
- Hadaś E., Borkowski A., Estornell J., Tymków P., 2017. Automatic estimation of olive tree dendrometric parameters based on airborne laser scanning data using alpha-shape and principal component analysis. *GIScience & Remote Sensing*, Vol. 54 No. 6, s. 898-917.

Hadaś E., Józków G., Walicka A., Borkowski A., 2018. Determining Geometric Parameters of Agricultural Trees from Laser Scanning Data Obtained with Unmanned Aerial Vehicle. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2, s. 407-410.

Hadaś E., Józków G., Walicka A., Borkowski A., 2019. Asle orchard inventory with a LiDAR equised unmanned aerial system. *International Journal of Aslied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 82 No. 101911, s. 1-20.

Hadaś E., Kölle M., Karpina M., Borkowski A., 2020. Identification of Peach Tree Trunks from Laser Scanning Data Obtained with Small Unmanned Aerial System. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. V-2-2020, s. 735-740.

Ilieva M., Polanin P., Borkowski A., Gruchlik P., Smolak K., Kowalski A., Rohm W., 2019. Mining Deformation Life Cycle in the Light of InSAR and Deformation Models. *Remote Sensing*, Vol. 11 (7) No. 145, s. 1-30.

Jarząbek-Rychard M., Borkowski A., 2010. Porównanie algorytmów RANSAC oraz rosnących płaszczyzn w procesie segmentacji danych lotniczego skaningu laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, s. 119-130.

Jarząbek-Rychard M., Borkowski A., 2011. Building outlines reconstruction from ALS data set with a priori information. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 22, s. 227-236.

Jarząbek-Rychard M., Borkowski A., 2016. 3D building reconstruction from ALS data using unambiguous decomposition into elementary structures. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 118 No. , 2016, s. 1-12.

Józków G., Borkowski A., Kasprzak M., 2016. Monitoring of fluvial transport in the mountain river bed using Terrestrial Laser Scanning. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B7, s. 523-528.

Józków G., Wieczorek P., Karpina M., Walicka A., Borkowski A., 2017. Performance Evaluation of sUAS Equised with Velodyne HDL-32E Lidar Sensor. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2/W6, s. 171-177.

Józków G., Walicka A., Borkowski A., 2021. Monitoring Terrain Deformations Caused by Underground Mining Using UAV Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLIII-B2-202, s. 737-744.

Kaczałek B., Borkowski A., 2016. Urban road detection in Airborne Laser Scanning point cloud using random forest algorithm. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B3, s. 255-259.

Karpina M., Jarząbek-Rychard M., Tymków P., Borkowski A., 2016. UAV-based automatic tree growth measurement for biomass estimation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLI-B8, s. 685-688.

- Keller W., Borkowski A., 2011. Wavelet based buildings segmentation in airborne laser scanning data set. *Geodesy and Cartography*, Vol. 60 No. 2, s. 99-123.
- Kontny B., Bosa J., Borkowski A., 2004. Correlation between EPN station velocities and the tectonic of Europe. *Artificial Satellites, Journal of Planetary Geodesy*, Vol. 39 No. 2, s. 165-173.
- Kontny B., Bosa J., Borkowski A., 2006. The use of permanent and epoch GPS coordinate time series in geodynamic investigations of Sudety area – proposal of a new approach. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, Vol. 3, No 3(143), s. 1-8.
- Krypiak-Gregorczyk A., Wielgosz P., Borkowski A., 2017. Ionosphere Model for European Region Based on Multi-GNSS Data and TPS Interpolation. *Remote Sensing*, Vol. 9 (12) No. 1221, s. 1-12.
- Meier S., Borkowski A., 1992. Die Äquidistanz von Höhenlinien aus der Sicht der Signalabtastung. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, Jg.117 H.11, s. 716-726.
- Meier S., Borkowski A., 1993. Ordinatenabtastung diskreter Signale. *Zeitschrift für Vermessungswesen* Jg.118 H.1, s. 11-20.
- Meier S., Bethge F., Borkowski A., 1995. Ordinatenabtastung stochastischer Prozesse mit stationären Zuwächsen. *Zeitschrift für Vermessungswesen* Jg. 120, H. 2, s. 81-91.
- Meier S., Borkowski A., 2011. *Geometrie Stochastischer Signale. Grundlagen und Anwendungen in der Geodaten-Verarbeitung*. De Gruyter.
- Mendela M., Borkowski A., 2013. Identyfikacja zbiorników wodnych, jako obiektów BDOT10K, w zbiorze danych lotniczego skaningu laserowego z wykorzystaniem algorytmu Alpha Shape. *Acta Scientiarum Polonorum, seria Geodesia et Descriptio Terrarum*, Vol. 12, s. 13-26.
- Mendela-Anzlik M., Borkowski A., 2017. Verification and Updating of the Database of Topographic Objects with Geometric Information About Buildings by Means of Airborne Laser Scanning Data. *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, Vol. 103 No. 1, s. 22-37.
- Niemiec M., Józków G., Borkowski A., 2009. Monitorowanie zmian ukształtowania powierzchni terenu spowodowanych erozją wodną z wykorzystaniem naziemnego skanowania laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 20, s. 333-343.
- Osada E., Borkowski A., Kurpiński G., Oleksy M., Seta M., 2017. Fitting a Precise Levelling Network to Control Points Using a Modified Robust Huber's Mean Error Function. *Journal of Surveying Engineering*, Vol. 143 No. 1, s. 1-6.
- Osada E., Borkowski A., Sońnica K., Kurpiński G., Oleksy M., Seta M., 2018. Robust fitting of a precise planar network to unstable control points using M-estimation with a modified Huber function. *Journal of Spatial Science*, Vol. 63 No. 1, s. 35-47.
- Pawluszek, K., Borkowski, A., 2017. Impact of DEM-derived factors and analytical hierarchy process on landslide susceptibility musing in the region of Rożnów Lake, Poland. *Natural Hazards*, 86(2), s. 919-952.

- Pawluszek, K., Borkowski, A., Tarolli, P., 2018. Sensitivity analysis of automatic landslide mapping: numerical experiments towards the best solution. *Landslides*, 15(9), s. 1851-1865.
- Pawluszek, K., Marczak, S., Borkowski, A., Tarolli, P., 2019. Multi-aspect analysis of object-oriented landslide detection based on an extended set of LiDAR-derived terrain features. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(8), 321.
- Pawluszek-Filipiak, K., Borkowski, A., 2020a. Integration of DInSAR and SBAS Techniques to determine mining-related deformations using sentinel-1 data: The case study of Rydułtowy mine in Poland. *Remote Sensing*, 12(2), 242.
- Pawluszek-Filipiak, K., Borkowski, A., 2020b. On the importance of train–test split ratio of datasets in automatic landslide detection by supervised classification. *Remote Sensing*, 12(18), 3054.
- Pawluszek-Filipiak, K., Borkowski, A., 2021. Monitoring mining-induced subsidence by integrating differential radar interferometry and persistent scatterer techniques. *European Journal of Remote Sensing*, 54(sup1), s. 18-30.
- Pawluszek-Filipiak, K., Borkowski, A., Motagh, M., 2021. Multi-temporal landslide activity investigation by spaceborne SAR interferometry: The case study of the Polish Carpathians. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100629.
- Pawluszek-Filipiak, K., Wielgocka, N., Tondaś, D., Borkowski, A., 2022. Assessing the Effect of ALOS-2 Data Utilization on the Accuracy of Estimation Vertical and Horizontal Deformation Components in the Area of Hard Coal Mining Exploitation in Poland by Using Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLIII-B3, s. 327-332.
- Pawluszek-Filipiak, K., Wielgocka, N., Tondaś, D., Borkowski, A., 2023. Monitoring nonlinear and fast deformation caused by underground mining exploitation using multi-temporal Sentinel-1 radar interferometry and corner reflectors: application, validation and processing obstacles. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), s. 251-271.
- Perski Z., Wojciechowski T., Borkowski A., 2010. Persistent scatterer SAR interferometry applications on landslides in Carpathians. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, Vol. 7, No. 3(159), s. 363-369.
- Perski Z., Borkowski A., Wojciechowski T., Wójcik A., 2011. Application of persistent scatterers interferometry for landslide monitoring in the vicinity of Roznow lake in Poland. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, Vol. 8 No. 3 (163), s. 319-323.
- Sochiera K., Borkowski A., 2016. Algorytm modelowania 2D zabudowy na podstawie danych lotniczego skanowania laserowego z projektu ISOK. *Acta Scientiarum Polonorum, seria Geodesia et Descriptio Terrarum*, Vol. 15 No. 1-4, s. 19-33.
- Tymków P., Borkowski A., 2006. Wykorzystanie danych lotniczego skaningu laserowego do klasyfikacji pokrycia terenu dla modelowania hydrodynamicznego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16., s. 537-546.

Tymków P., Borkowski A., 2008. Land Cover Classification Using Airborne Laser Scanning Data and Photographs. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, Part B3b, s. 185-190.

Tymków, P., Borkowski, A., 2010a. Vegetation modelling based on TLS data for roughness coefficient estimation in river valley. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol. XXXVIII No. 8, s. 309-313.

Tymków P., Borkowski A., 2010b. Rekonstrukcja geometrii 3D krzewu na podstawie naziemnego skaningu laserowego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 21, s. 405-414.

Tymkow P., Borkowski A., Gołuch P., 2009. River embankment identification in airborne laser scanning point Cloud. *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol. XXXI No. 4, s. 59-68.

Tymków P., Józków G., Walicka A., Karpina M., Borkowski A., 2019. Identification of Water Body Extent Based on Remote Sensing Data Collected with Unmanned Aerial Vehicle. *Water*, Vol. 11 (2) No. 338, s. 1-20.

Tymków P., Mokwa M., Borkowski A., Gołuch P., 2006. Automatyczna estymacja wartości współczynników oporów przepływów wód w dolinach rzek z wykorzystaniem danych skaningu laserowego i zdjęć lotniczych. *Problemy Hydrotechniki*, s. 355-362.

Walicka A., Józków G., Borkowski A., 2018. Individual Rocks Segmentation in Terrestrial Laser Scanning Point Cloud using Iterative DbSCAN Algorithm. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2, s. 1157-1161.

Walicka A., Józków G., Kasprzak M., Borkowski A., 2019a. Terrestrial Laser Scanning for the Detection of Coarse Grain Size Movement in a Mountain Riverbed. *Water*, Vol. 11 (11) No. 2199, s. 1-20.

Walicka A., Pfeifer N., Józków G., Borkowski A., 2019b. TLS Point Cloud Registration for Detecting Change in Individual Rocks of a Mountain River Bed. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2/W13, s. 1149-1154.

Walicka A., Pfeifer N., Borkowski A., Józków G., 2021. An automatic method for the measurement of coarse particle movement in a mountain riverbed. *Measurement*, Vol. 174 No. 109029, s. 1-35.

Wojciechowski T., Borkowski A., Perski Z., Wójcik A., 2012. Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk - przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty zewnętrzne). *Przegląd Geologiczny*, Vol. 60 No. 2, s. 95-102.

### ANDRZEJ BORKOWSKI (1959-2021)

SŁOWA KLUCZOWE: fotogrametria, dorobek, profesor, pamięć, wspomnienie, przegląd

STRESZCZENIE: Artykuł prezentuje sylwetkę profesora Andrzeja Borkowskiego, urodzonego w 1959 r. i zmarłego w 2021 roku. Profesor przez większość swojego życia reprezentował Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, kierując Instytutem Geodezji i Geoinformatyki. Jego głównymi zainteresowaniami naukowymi była fotogrametria i lotnicze skanowanie laserowe, szczególnie w zakresie przetwarzania danych tych technologii i integracji z innymi technikami teledetekcyjnymi. Był autorem lub współautorem ok. 300 prac naukowych, promotorem około osiemdziesięciu prac dyplomowych. Wypromował dziesięciu doktorów. Aktywnie działał w Polskim Towarzystwie Fotogrametrii i Teledetekcji, Stowarzyszeniu Geodetów Polskich, angażował się we współpracę z organizacjami zagranicznymi m.in. Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (IAG). Artykuł w języku polskim i angielskim podsumowuje jego istotny dorobek naukowy dla polskiej i międzynarodowej fotogrametrii i teledetekcji.

### BIOGRAFIA I DOROBEK PROFESOR BORKOWSKIEGO

Andrzej Borkowski urodził się 7 października 1959 r. w Łukowie. Egzamin maturalny złożył w 1979 roku, po ukończeniu nauki w Technikum Geodezyjnym w Żelechowie, a następnie rozpoczął studia na Akademii Rolniczej we Wrocławiu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu) na Wydziale Melioracji Wodnych, Oddziale Geodezji Urządzeń Rolnych. Studia ukończył w 1984 r. z wynikiem bardzo dobrym i uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera geodezji urządzeń rolnych.

W tym samym roku Andrzej Borkowski został zatrudniony na stanowisku asystenta stażysty w Instytucie Geodezji i Zastosowań Matematycznych (później Katedra Geodezji i Fotogrametrii, obecnie Instytut Geodezji i Geoinformatyki) Akademii Rolniczej we Wrocławiu, a dwa lata później na stanowisku asystenta. W trakcie pracy na tym stanowisku Andrzej Borkowski odbył również półroczną praktykę zawodową w Przedsiębiorstwie Geodezyjno-Kartograficznym we Wrocławiu. W 1988 r. został zatrudniony na stanowisku starszego asystenta. Już w pierwszym okresie pracy zawodowej Andrzej Borkowski wykazywał zainteresowanie naukowe związane z wykorzystaniem metod numerycznych i komputerów w rozwiązywaniu zadań geodezyjnych ([Borkowski et al., 1987](#); [Borkowski et al., 1988](#)). Zainteresowania te poskutkowały uzyskaniem stypendium Niemieckiej Centrali Wymiany Akademickiej (Deutscher Akademischer Austauschdienst - DAAD) na Uniwersytecie Technicznym w Dreźnie, Wydziale Forst- Geo- und Hydrowissenschaften, Institut für Planetare Geodäsie (1990-1994). W trakcie tego stypendium Andrzej Borkowski realizował badania związane z teorią procesów stochastycznych w modelowaniu danych ([Meier & Borkowski, 1992, 1993](#)). Efektem tych prac było opracowanie, wspólnie z prof. Siegfriedem Meierem, teorii opisującej zależność pomiędzy pionowym a poziomym interwałem dyskretyzacji jedno- i dwuwymiarowych sygnałów losowych, zarówno o charakterze ciągłym jak i dyskretnym. Na tej podstawie została opracowana m.in. oryginalna metoda doboru optymalnej, wielkości siatki dla Numerycznych Modeli Terenu (NMT) interpolowanych na podstawie mapy warstwicznej ([Borkowski & Meier, 1994](#)). Efektem stypendium DAAD była rozprawa doktorska

pt. „Stochastisch-geometrische Beschreibung, Filterung und Präsentation des Reliefs” ([Borkowski, 1994](#)), na podstawie, której Andrzej Borkowski otrzymał w dniu 24.03.1994 r. stopień doktora (z wyróżnieniem; summa cum laude). Recenzentami pracy byli: prof. dr habil. Siegfried Meier z Uniwersytetu Technicznego w Dreźnie, prof. dr hab. Ewa Krzywicka-Blum z Akademii Rolniczej we Wrocławiu oraz prof. dr. habil. Karl Kraus z Uniwersytetu Technicznego w Wiedniu.

Andrzej Borkowski wrócił do Polski w 1994 r. i został zatrudniony na stanowisku adiunkta w katedrze Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu oraz uzyskał państwowe uprawnienia geodezyjne w dwóch zakresach. W pracy badawczej w ramach krótkoterminowych misji naukowych kontynuował współpracę z Uniwersytetem Technicznym w Dreźnie, w szczególności z prof. Meierem ([Meier et al., 1995](#)). W tym okresie Andrzej Borkowski pracował nad doskonaleniem aktywnych funkcji sklepanych (thin plate splines) w procesie generalizacji kartograficznej ([Borkowski et al., 1997](#); [Borkowski, 1997](#); [Borkowski & Meier, 2000](#)). Równoległe rozpoczął prace badawcze związane z technologią lotniczego skaningu laserowego, która wówczas była na początkowym etapie rozwoju i wykorzystywała głównie profile. Swoje badania w tym zakresie Andrzej Borkowski skupił na wykorzystaniu aktywnych konturów (snakes) do modelowania danych skaningu lotniczego ([Borkowski et al., 1997](#), [Borkowski et al., 1999](#), [Borkowski & Meier, 1999, 2000, 2001](#)), w szczególności do filtracji błędów grubych. Po wprowadzeniu pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku skanerów nowego typu z mechanizmami skanującymi, lotniczy skaningu laserowy stał się techniką powierzchniową. W związku z tym Andrzej Borkowski rozpoczął prace nad uogólnieniem modelu aktywnych krzywych na model aktywnych powierzchni. Prace te wykonywał głównie w trakcie wielokrotnych pobytów naukowych w latach 2001-2003 na Uniwersytecie w Stuttgarcie we współpracy m.in. z prof. Wolfgangiem Kellerem oraz w trakcie realizowanego grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) pt. “Modelowanie powierzchni terenu na podstawie danych skaningu laserowego” (2002-2004), którego był kierownikiem. Efektem tych prac jest oryginalna metoda aproksymacji danych punktowych skaningu laserowego ([Borkowski & Keller, 2003](#)). Opracowana metoda aktywnych powierzchni (nazwana przez autorów flakes) posłużyła również do filtracji błędów grubych w danych lotniczego skaningu laserowego oraz do modelowania linii krawędziowych powierzchni terenu na podstawie punktowych danych skaningu laserowego ([Borkowski, 2003](#)). Podsumowaniem prac związanych z opracowaniem i modelowaniem danych skaningu laserowego z wykorzystaniem metody aktywnych powierzchni była monografia pt. „Modellierung von Oberflächen mit Diskontinuitäten” ([Borkowski, 2004](#)) stanowiąca rozprawę habilitacyjną. Stopień doktora habilitowanego Andrzej Borkowski uzyskał 25.10.2004 r. na Wydziale Forst- Geo- und Hydrowissenschaften Uniwersytetu Technicznego w Dreźnie. Nostryfikacja stopnia naukowego doktora habilitowanego nastąpiła na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie uchwałą Rady Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH z dnia 31.03.2005 r. uznającą stopień naukowy doktora habilitowanego nadany na Uniwersytecie Technicznym w Dreźnie za równorzędny ze stopniem doktora habilitowanego w zakresie geodezji i kartografii nadawanym w Polsce, zatwierdzoną przez centralną Komisję do Spraw Stopni i Tytułów w dniu 24.10.2005 r.

Prace dotyczące lotniczego skaningu laserowego Andrzej Borkowski kontynuował w trakcie realizacji kolejnych projektów badawczych MNiSW. W ramach projektu pt. „Zastosowanie lotniczego skaningu laserowego do budowy numerycznego modelu terenu dla potrzeb modelowania hydrodynamicznego” (2005-2007) zespół kierowany przez Andrzeja Borkowskiego jako pierwszy w Polsce (nie licząc skanowania dla celów demonstracyjnych) wykonał lotniczy skaningu laserowy doliny rzeki Widawy ([Borkowski, 2006](#); [Borkowski et al., 2006b, 2006c](#)). Skaningu wykonany został, we współpracy z Instytutem Nawigacji Uniwersytetu w Stuttgarcie, prototypowym skanerem ScaLARS i przystosowanym do tego celu, we własnym zakresie, samolotem AN-2. Wynikiem tych prac było utworzenie NMT z danych skaningu oraz określenie jego parametrów dokładnościowych ([Borkowski et al., 2006a](#); [Gołuch et al., 2007, 2008](#); [Borkowski & Józków, 2008c](#)), a także określenie możliwości i zakresu ich zastosowania dla potrzeb modelowania hydrodynamicznego ([Tymków & Borkowski, 2006](#); [Gołuch et al., 2009](#); [Tymków et al., 2009](#)). Jednocześnie zostały dopracowane, pod względem aplikacyjnym, własne metody i algorytmy modelowania linii krawędziowych powierzchni terenu ([Borkowski & Keller, 2005](#); [Borkowski & Ziemia, 2006](#); [Borkowski, 2007](#)) i filtracji danych lotniczego skaningu laserowego ([Borkowski, 2005](#); [Borkowski & Józków, 2006, 2007, 2008a, 2008b](#); [Borkowski & Sośnica, 2009](#)). Równolegle prowadzone były badania w zakresie problematyki integracji danych lotniczego skaningu laserowego z danymi z sensorów pasywnych oraz modelowania tego typu danych na potrzeby automatycznej identyfikacji form pokrycia terenu oraz na potrzeby modelowania hydrodynamicznego ([Tymków et al., 2006](#); [Borkowski & Tymków, 2007](#); [Tymków & Borkowski, 2007, 2008](#)). Kolejnym aspektem badawczym podjętym dotyczącym danych skaningu była budowa modeli 3D na podstawie chmur punktów. W tym zakresie udało się opracować oryginalny algorytm modelowania roślinności ([Tymków & Borkowski, 2010a, 2010b](#)) oraz modelowania zabudowy ([Jarząbek-Rychard i Borkowski, 2010, 2011, 2016](#); [Sochiera & Borkowski, 2016](#)). Warto zaznaczyć, że wyniki tych prac zostały wykorzystane również w praktyce do modelowania 3D budynków i budowli ([Borkowski & Józków, 2012a, 2012b](#); [Borkowski et al., 2013](#)) w ramach projektu „Opolskie w Internecie – system informacji przestrzennej i portal informacyjno-promocyjny Województwa Opolskiego” (2010-2011). W 2007 roku Andrzej Borkowski awansował na stanowisko profesora nadzwyczajnego, a dwa lata później został dyrektorem Instytutu Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

W kolejnym okresie pracy naukowej Andrzej Borkowski skupił się na zastosowaniach skaningu laserowego w badaniu środowiska oraz integracji danych skaningu z innymi technikami fotogrametrycznymi i teledetekcyjnymi, w tym z satelitarną interferometrią radarową (InSAR) i fotogrametrią niskiego pułapu. Badania z wykorzystaniem skaningu laserowego dotyczyły głównie monitorowania zmian ukształtowania powierzchni terenu spowodowanych różnymi procesami naturalnymi, takimi jak erozja wodna ([Niemiec et al., 2009](#)) czy ruchy masowe ([Borkowski et al., 2011](#), [Wojciechowski et al. 2012](#)). Andrzej Borkowski jako jeden z pierwszych w Polsce zajął się tematem badania osuwisk z wykorzystaniem danych lotniczego skaningu i satelitarnej interferometrii radarowej ([Perski et al., 2010, 2011](#); [Pawluszek-Filipiak et al., 2021](#)), czemu poświęcony był projekt “INSAR-LIDAR: integracja danych interferometrii radarowej i lotniczego skaningu laserowego na potrzeby badania zjawisk osuwiskowych” (2009-2012). W tym okresie Andrzej Borkowski



uzyskał również tytuł profesora (2013). Badania aplikacyjne związane z osuwiskami były przez zespół prof. Borkowskiego kontynuowane w kolejnych latach i w szczególności koncentrowały się na detekcji istniejących osuwisk na podstawie pochodnych wygenerowanych z NMT utworzonych z danych lotniczego skaningu laserowego ([Pawluszek, et al. 2018](#)), ale również dotyczyły modelowania podatności osuwiskowej w oparciu o NMT i innych dane, np. geologiczne i hydrologiczne ([Pawluszek & Borkowski, 2017](#)). W tym zakresie prace były ukierunkowane na wykorzystanie metod klasyfikacji wraz z uwzględnieniem obiektowej analizy obrazów ([Pawluszek et al., 2019](#)) jak również metod sztucznej inteligencji ([Pawluszek-Filipiak & Borkowski, 2020b](#)). Podobne badania nad monitorowaniem deformacji terenu były prowadzone przez prof. Borkowskiego i jego zespół w ramach projektów EPOS-PL i EPOS-PL+. W szczególności przeprowadzone prace dotyczyły zastosowania metod InSAR w monitorowaniu deformacji na obszarach górniczych, które ze względu na wysoką nieliniowość w czasie i duży gradient deformacji są wyjątkowo trudne do obserwacji z zastosowaniem metod InSAR ([Ilieva et al., 2019](#); [Pawluszek-Filipiak et al., 2023](#)). Dlatego też w tych pracach prezentowane były podejścia integrujące różne techniki jak również wyniki pochodzące z różnych danych SAR celem bardziej efektywnego ich wykorzystania w monitorowaniu obszarów górniczych ([Pawluszek-Filipiak & Borkowski 2020a](#); [Pawluszek-Filipiak & Borkowski 2021](#); [Pawluszek-Filipiak et al. 2022](#)). Prace związane z monitorowaniem deformacji na terenach górniczych były prowadzone również z wykorzystaniem danych fotogrametrycznych i skaningu laserowego, w szczególności pozyskanych z wykorzystaniem Bezzałogowych Systemów Latających (BSL) ([Józków et al., 2021](#)). Badania związane z monitorowaniem zmian ukształtowania terenu były prowadzone przez zespół prof. Borkowskiego również w innych aspektach takich jak wykorzystanie danych naziemnego skaningu laserowego do określania zmian w korycie rzeki górskiej spowodowanych transportem fluwialnym. Zmiany te były określane całościowo pod kątem identyfikacji obszarów z ubytkiem i przyrostem materiału skalnego ([Józków et al., 2016](#)) oraz w odniesieniu do pojedynczych ziaren skalnych o dużej frakcji ([Walicka et al., 2018, 2019a, 2019b, 2021](#)), dla których opracowane zostały oryginalne metody segmentacji pojedynczych ziaren i ich dopasowania w celu określenia parametrów ich przesunięcia i rotacji.

Inny obszar badań aplikacyjnych prowadzonych przez zespół prof. Borkowskiego dotyczył roślinności, w tym monitorowania jej przyrostu z wykorzystaniem fotogrametrii niskiego pułapu ([Karpina et al., 2016](#)) oraz określania parametrów drzew gospodarczych na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego ([Hadaś et al., 2016, 2017](#)) oraz danych skaningu BSL ([Hadaś et al., 2018, 2019, 2020](#)). W zakresie fotogrametrii niskiego pułapu prowadzone prace dotyczyły też jakości danych pozyskiwanych tanimi skanerami ([Józków et al., 2017](#)) oraz możliwości zastosowania różnych sensorów w celu identyfikacji zasięgu wody ([Tymków et al., 2021](#)). Poza badaniami związanymi ze środowiskiem, prof. Borkowski uczestniczył w pracach związanych z wykorzystaniem danych lotniczego skaningu laserowego w identyfikacji obiektów topograficznych ([Mendela-Anzlik & Borkowski, 2017](#)) takich jak zbiorniki wodne ([Mendela & Borkowski, 2013](#)), budynki ([Keller & Borkowski, 2011](#)) oraz drogi ([Kaczałek & Borkowski, 2016](#)).

Należy również wspomnieć o innych, niezwiązanych z fotogrametrią i teledetekcją, pracach badawczych, w których uczestniczył prof. Borkowski. Badania tego typu były

głównie związane z geodynamiką ([Kontny et al., 2004, 2006](#)), sieciami geodezyjnymi ([Borkowski et al., 2002, 2003a, 2003b; Bosy et al., 2009; Osada et al., 2017, 2018](#)) oraz modelowaniem parametrów troposfery ([Bosy & Borkowski, 2006; Bosy et al., 2010](#)) i jonosfery ([Krypiak-Gregorczyk et al., 2017](#)) z wykorzystaniem danych GNSS (Global Navigation Satellite System).

Andrzej Borkowski był kierownikiem i wykonawcą wielu grantów naukowych. Pięciokrotnie kierował projektami MNiSW, był również kierownikiem dwóch grantów Niemieckiej Agencji Kosmicznej (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR), jednego grantu Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA (European Space Agency – ESA), jednego grantu Unii Europejskiej w ramach programu Climate-KIC oraz dwóch dalszych grantów realizowanych we współpracy z Uniwersytetem Technicznym w Dreźnie i Uniwersytetem w Stuttgarcie. Poza grantami naukowymi, realizował również prace dla innych podmiotów (m.in. przemysł, firmy zewnętrzne, administracja publiczna), a czternastu takich umów był kierownikiem. Andrzej Borkowski jest autorem lub współautorem około 300 prac naukowych, z których ponad 100 to artykuły naukowe opublikowane m.in. w czasopiśmie wyróżnionych przez JCR (Journal Citation Report). Jest również posiadaczem jednego patentu. Wyniki badań prezentował na wielu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych organizowanych przez międzynarodowe towarzystwa naukowe (m.in. IAG, IUGG, ISPRS, FIG, EGU, EUREF). Zorganizował jako przewodniczący lub sekretarz komitetu organizacyjnego kilka konferencji krajowych, a w wielu innych był członkiem komitetu naukowego. Uczestniczył również w pracach redakcyjnych kilku czasopism. Od 2006 roku był członkiem Rady Programowej i redaktorem merytorycznym Wydawnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W latach 2007-2013 był przewodniczącym Kolegium Redakcyjnego serii „Geodesy and Cartography” w EJPAU, a od 2010 roku przewodniczył redakcji serii „Geodesia et Descriptio Terrarum w Acta Scientiarum Polonorum. Od 2015 roku był członkiem zespołu redakcyjnego czasopisma Acta Geodynamica et Geomaterialia Czeskiej Akademii Nauk. Poza pracami związanymi z działalnością redakcyjną uczestniczył również w pracach różnych towarzystw naukowych. W 2017 roku jako jeden z nielicznych spoza obszaru niemieckojęzycznego został wybrany na członka korespondenta Niemieckiej Komisji Geodezji przy Bawarskiej Akademii Nauk (Ausschuss Geodaesie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften – DGK). Był również członkiem Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (IAG) oraz członkiem z wyboru Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk, a także członkiem Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji oraz Stowarzyszenia Geodetów Polskich. Od 2014 r. był członkiem komisji kwalifikacyjnej do spraw uprawnień zawodowych przy Głównym Geodecie Kraju. Profesor Borkowski był bardzo aktywny również w obszarze dydaktyki. W ciągu całej kariery prowadził wykłady i ćwiczenia z kilkunastu przedmiotów (m.in. geodezja, geodezja wyższa, rachunek wyrównawczy, systemy informacji o terenie, informatyka geodezyjna, metody opracowania geodanych, technologia skaningu laserowego, teledetekcyjne monitorowanie deformacji powierzchni terenu, BSL w geodezji) dla studentów kierunku Geodezja i Kartografia zarówno na studiach magisterskich jak i inżynierskich, a także prowadził zajęcia na studiach doktoranckich i podyplomowych. Przez studentów był szanowany i dobrze oceniany, mimo tego że był bardzo wymagający – zdanie na drugim roku egzaminu z „Rachunku wyrównawczego” dawało studentom „przepustkę” do ukończenia studiów inżynierskich. Andrzej Borkowski jest autorem i współautorem wielu

materiałów dydaktycznych, w tym m.in. współautorem podręcznika akademickiego wydanego w języku niemieckim ([Meier & Borkowski, 2011](#)) oraz autorem rozdziału w podręczniku dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR ([Borkowski, 2014](#)). Profesor Borkowski był promotorem około osiemdziesięciu prac dyplomowych, z czego wiele było nagradzanych na konkursach krajowych. Wypromował dziesięciu doktorów (jedna z obron odbyła się już po jego śmierci). Był również recenzentem w wielu postępowaniach doktorskich, habilitacyjnych i profesorskich. Za swoje osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne prof. Borkowski był wielokrotnie nagradzany Nagrodami Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (wcześniej Akademii Rolniczej). Otrzymał również nagrodę Ministra Edukacji Narodowej, a także prestiżowe odznaczenie – Medal Lohrmanna (Lohrmann-Medaille) nadane przez Rektora Uniwersytetu Technicznego w Dreźnie. W 2007 roku został odznaczony Brązowym Krzyżem Zasługi, a pośmiertnie Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski.

Andrzej Borkowski zmarł we Wrocławiu w dniu 13 marca 2021 roku i został pochowany na cmentarzu przy kościele św. Anny w Opolu – Czarnowasach.

Details of authors:/Dane autorów:

dr hab. inż. Grzegorz Józków,  
e-mail: [grzegorz.jozkow@upwr.edu.pl](mailto:grzegorz.jozkow@upwr.edu.pl)

dr inż. Kamila Kamila Pawłuszek-Filipiak,  
e-mail: [kamila.pawluszek-filipiak@upwr.edu.pl](mailto:kamila.pawluszek-filipiak@upwr.edu.pl)

Submitted 1.12.2022  
Accepted 31.12.2022

