

Prof. dr hab. Aleksander Brzeziński  
Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej  
Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie

Warszawa, grudzień 2015 r.

### OCENA

rozprawy habilitacyjnej pt. „Wyznaczanie parametrów rotacji, geometrii i potencjału grawitacyjnego Ziemi z wykorzystaniem laserowych pomiarów odległości SLR do sztucznych satelitów” oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego  
dr. inż. Krzysztofa Sońnicy

#### Podstawa opracowania opinii

Opinię niniejszą opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Podstawę do przygotowania opinii stanowiła dokumentacja wniosku zawierająca

1. kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe;
2. autoreferat przedstawiający dorobek i osiągnięcia naukowe Kandydata;
3. wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki.

Przy opracowaniu opinii kierowano się wymogami Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595, z późniejszymi zmianami i uzupełnieniami w Dz.U. 2005 nr 164 poz. 1365, z 2010 nr 96 poz. 620 i nr 182 poz. 1228, z 2011 nr 84 poz. 455 oraz z 2014 poz. 1198) jak również rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz.U. 2011 nr 196 poz. 1165).

#### Krótką charakterystyka habilitanta

Dr Krzysztof Sońnica ukończył w 2009 r. studia na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera geodezji i kartografii w specjalności geoinformatyka wraz z wyróżnieniem Rady Wydziału i Listem Gratulacyjnym Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego dla najlepszego absolwenta. Pod koniec 2009 r. zgłosił swoją kandydaturę do ogłoszonego w internecie konkursu na doktoranta w Instytucie Astronomii Uniwersytetu w Bernie, Szwajcarii. Został zaproszony na rozmowę kwalifikacyjną i na jej podstawie przyjęty jako doktorant na 4 lata, poczynając od lutego 2010 roku. W kwietniu 2014 roku uzyskał w Bernie stopień naukowy doktora nauk fizycznych na podstawie rozprawy „Determination of Precise Satellite Orbits and Geodetic Parameters using Satellite Laser Ranging” napisanej pod opieką Prof. Dr. Adriana Jäggi, PD Dr. Rolf Dacha oraz Dr. Daniela Thaller. Praca oraz jej obrona uzyskały wyróżniającą ocenę „summa cum laude”. Po wygaśnięciu stypendium doktorskiego pracował w Bernie na stanowisku asystenta (marzec-kwiecień 2014) oraz stażysty Post Doc (kwiecień 2014 - marzec 2015). Od października 2014 r. jest zatrudniony w Instytucie Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, kolejno na stanowiskach asystenta (październik 2014 – maj 2015) i adiunkta od czerwca 2015 r.

## Ocena przedstawionego osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe habilitant przedłożył cykl pięciu publikacji (wszystkie w języku angielskim) z obszaru geodezji satelitarnej, dotyczących wykorzystania laserowych pomiarów odległości do sztucznych satelitów (Satellite Laser Ranging – SLR) do wyznaczania globalnych parametrów geodezyjnych i geodynamicznych. Trzy publikacje z przedstawionego cyklu, o numerach [2], [3] i [4] (liczby w nawiasach kwadratowych oznaczają tutaj i poniżej numery publikacji wchodzących w skład rozprawy, wg załączonego do dokumentacji wykazu), stanowią kontynuację i rozszerzenie badań z pracy doktorskiej. Pozostałe dwie publikacje, o numerach [1] i [5], przedstawiają rezultaty badań rozpoczętych podczas stażu podoktorskiego i nie są bezpośrednio związane z wynikami pracy doktorskiej. Prace [1], [4] i [5], wszystkie opublikowane w *Journal of Geodesy*, są wieloautorskie, ale ze znacznym wkładem habilitanta (odpowiednio 60%, 70% i 60%, wg oszacowania podanego w załączonym spisie), natomiast pozostałe dwie prace [2] i [3] są jednoautorskie.

Publikacja [1] jest poświęcona analizie obserwacji laserowych satelitów GPS i GLONASS. W przypadku systemu GPS obserwacje dotyczyły dwóch satelitów wyposażonych w odbłyśniki dedykowane obserwacjom SLR, natomiast satelity systemu GLONASS są wszystkie wyposażane w odbłyśniki. W pracy dokonano analizy i interpretacji rezyduów obserwacji SLR w stosunku do orbit satelitów wyznaczanych rutynowo na podstawie obserwacji mikrofalowych. Analiza umożliwiła potwierdzenie i oszacowanie tzw. efektu sygnatury satelitów występującego w obserwacjach stacji SLR wyposażonych w detektory wielofotonowe. Drugim rezultatem publikacji jest wyjaśnienie rozbieżności między średnimi rezyduami pochodzącymi z dziennych i nocnych obserwacji. Dokonano korekty modelu ECOM (Empirical Code Orbit Model) poprzez lepsze uwzględnienie wpływu sił niegrawitacyjnych na orbity GNSS, co zredukowało różnice rezyduów dziennych i nocnych SLR z poziomu 50 mm do 2-3 mm.

Tematem publikacji [2] jest badanie oddziaływania pływów oceanicznych na orbity satelitów LAGEOS-1 i LAGEOS-2. To oddziaływanie jest bardzo silne dla niskich satelitów (konstelacja LEO), ale również niezanedbywalne (na poziomie 5 mm) dla satelitów na średnich orbitach (MEO), do których należą satelity LAGEOS. Niewłaściwe zamodelowanie tego oddziaływania degraduje dokładność parametrów geodezyjnych wyznaczanych przez SLR, m.in. parametrach ruchu obrotowego Ziemi (Earth Orientation Parameters – EOP) nawet o 25%. Autor porównał różne modele pływu oceanicznego dochodząc do wniosku, że największą dokładność dają modele empiryczne opracowane na podstawie obserwacji altimetrii satelitarnej i innych misji satelitarnych. Modele hydrodynamiczne, również te opracowane z wykorzystaniem obserwacji altimetrycznych, prowadzą do zdecydowanie gorszych wyników. Szczególnym problemem są błędy w modelowaniu fali pływowej  $S_2$ , które przekładają się m.in. na błędy parametru spłaszczenia Ziemi  $C_{20}$  wyznaczanego z obserwacji eksperymentu GRACE.

W publikacji [3] autor dokonał analizy wpływu sił niegrawitacyjnych, szczególnie efektu oporu atmosfery, na orbity satelitów Starlette, Stella, Ajisai i LARES. Badano wpływ aktywności Słońca i pola magnetycznego na gęstość górnych warstw atmosfery. Pokazano, że zmiany gęstości przyjmują największe wartości na wysokości ok. 800 km, gdzie znajduje się wiele satelitów geodezyjnych (m.in. Starlette i Stella). Na szczęście efekt oporu atmosfery jest zdecydowanie najmniejszy w kierunku radialnym, w pobliżu którego koncentrują się obserwacje SLR. W przypadku satelity LARES dedykowanego potwierdzeniu efektu relatywistycznego Lense-Thirringa na poziomie lepszym, niż 1% oszacowano, że w okresach wzmożonej aktywności Słońca perturbacje związane z oporem atmosfery w składowej normalnej mogą osiągać wartość 1.9% badanego efektu. Zatem sukces misji LARES jest zdecydowanie zależny od dokładności modelowania efektów oporu atmosfery.

W publikacji [4] badano wkład satelitów Stella, Starlette i Ajisai do wyznaczanych z obserwacji SLR współrzędnych stacji i parametrów rotacji Ziemi. Na potrzebę publikacji rozszerzono oprogramowanie Bernese o możliwość przetwarzania pomiarów SLR do niskoorbitujących satelitów geodezyjnych. Opracowano algorytm modelowania orbit niskich satelitów poprzez estymację parametrów deterministycznych, parametrów empirycznych (stałe i periodyczne przyspieszenia) oraz parametrów pseudo-stochastycznych (chwilowe zmiany prędkości satelitów w ustalonych interwałach dla określonych elementów orbitalnych). Zaproponowano też metodę wyznaczenia poprawek na środek ciężkości niskoorbitujących satelitów sferycznych poprzez analizę wyznaczanych przez stacje SLR wartości parametru *range bias* oraz poprzez transfer skali układu z poziomu satelitów MEO (LAGEOS-1/2) do poziomu satelitów LEO (Stella, Starlette, Ajisai).

Publikacja [5] może być potraktowana jako podsumowanie przedłożonego cyklu artykułów. Autorzy kładą nacisk na łączne wyznaczenie z obserwacji SLR parametrów odnoszących się do trzech filarów współczesnej geodezji, zdefiniowanych w dokumencie programowym GGOS (Global Geodetic Observing System), a mianowicie figury geometrycznej, ruchu obrotowego i grawitacji ziemskiej. Ten aspekt jest bardzo ważny w kontekście wewnętrznej zgodności parametrów, której osiągnięcie jest jednym z długofalowych celów GGOS. Wymienione wyżej parametry to współrzędne stacji, współrzędne bieguna i chwilowa długość doby oraz współczynniki rozwinięcia potencjału grawitacyjnego Ziemi. Opracowano technikę wyznaczania z obserwacji SLR zmian czasowych niskich składowych harmonicznych potencjału grawitacyjnego Ziemi z rozdzielczością miesięczną. Ten wynik stanowi cenne uzupełnienie rezultatów misji GRACE i ma kapitalne znaczenie dla badania globalnej dynamiki sprzężonego układu Ziemia stała – hydrosfera – atmosfera.

Oceniając przedłożone osiągnięcie stwierdzam, że:

- Prace prezentują wyniki badań z obszaru dyscypliny naukowej geodezja i kartografia, choć oczywiście pojawiają się w nich również aspekty interdyscyplinarne.
- Prace mieszczą się w nurcie priorytetów badawczych zdefiniowanych w dokumentach programowych systemu GGOS i mają duży ciężar gatunkowy w skali międzynarodowej. Z całą pewnością mogę stwierdzić, że oceniany cykl prac wnosi istotny wkład do rozwoju dyscypliny naukowej geodezja i kartografia, specjalności geodezja satelitarna.
- Mając na uwadze bardzo wysoką wartość merytoryczną osiągnięcia wyrażam opinię, że spełnione są wymagania dotyczące rozprawy habilitacyjnej zdefiniowane w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz.U. 2011 nr 196 poz. 1165), jak również że spełnione są z nadwyżką wymagania utarte zwyczajowo w środowisku naukowym uprawiającym dyscyplinę geodezja i kartografia.

Niestety, bardzo krótki czas między uzyskaniem stopnia doktora a wystąpieniem o przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego (niecałe półtora roku) nasuwa pewne problemy interpretacyjne, które w moim przekonaniu wymagają wyjaśnienia. W ustawie jest mowa o „osiągnięciu naukowym (...) uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora”. Co decyduje o stwierdzeniu, że osiągnięcie było uzyskane po doktoracie? Jeśli przyjmujemy standardowy warunek, że decyduje data ukazania się publikacji, to wszystko jest w porządku. Ale jeśli zmienimy warunek na datę złożenia pracy do druku, to publikacja [4] ocenianego osiągnięcia habilitacyjnego nie spełnia kryterium, ponieważ wpłynęła do redakcji we wrześniu 2013 r., została zatwierdzona do opublikowania 10 kwietnia 2014 r., czyli 3 dni po uzyskaniu przez

Pana Sośnicę stopnia doktora, wreszcie opublikowana miesiąc później, 13 maja 2014 r. A zatem ponad wszelką wątpliwość zarówno przygotowanie pracy, jak i korekta wynikająca z uwag recenzentów zostały wykonane przed uzyskaniem stopnia doktora.

### **Aktywność naukowa**

Dr Krzysztof Sośnica dysponuje imponującym dorobkiem naukowym. Oprócz pięciu prac zgłoszonych jako osiągnięcie habilitacyjne habilitant wymienił jako istotne elementy dorobku 26 publikacji z lat 2009-2015, włączając rozprawę doktorską oraz pracę magisterską. W tym zestawie aż 5 prac ukazało się w *Journal of Geodesy*, najbardziej liczącym się czasopiśmie o profilu geodezyjnym. Jest autorem bądź współautorem 65 prezentacji na konferencjach, w zdecydowanej większości międzynarodowych, w tym 21 wygłoszonych referatów, z czego z kolei 2 to referaty zaproszone. Jest współautorem najnowszych wersji 5.1, 5.2 oraz 5.3 powszechnie używanego programu Bernese GNSS Software do precyzyjnych analiz obserwacji w geodezji satelitarnej. Jest też współautorem empirycznego modelu orbit CODE satelitów GNSS, który został włączony do listy oficjalnych modeli służby IGS (International GNSS Service). Opracowane przez niego wyznaczenia zmian czasowych potencjału grawitacyjnego Ziemi na podstawie wyłącznie obserwacji laserowych sztucznych satelitów są publikowane przez Międzynarodowe Centrum Globalnych Modeli Ziemi (ICGEM).

Dr Krzysztof Sośnica otrzymał za osiągnięcia naukowe szereg nagród i wyróżnień. Najbardziej prestiżowe to nagroda Międzynarodowej Asocjacji Geodezyjnej dla młodego autora (International Association of Geodesy (IAG) Young Authors Award 2015) za najlepszy artykuł opublikowany w *Journal of Geodesy* w roku 2013 (Sośnica i in., 2013, *J. Geodesy* 87(8), pp. 751-769), oraz nagroda Europejskiej Unii Nauk o Ziemi dla młodych uczonych (European Geosciences Union (EGU) Outstanding Young Scientist Awards 2015) przyznana za „innovacyjny wkład w kombinację laserowych pomiarów odległości do sztucznych satelitów Ziemi oraz globalnych nawigacyjnych systemów satelitarnych w celu poprawy jakości kluczowych parametrów geodezyjnych”.

Sumaryczny *impact factor* publikacji dr. Krzysztofa Sośnicy wynoszący 21,179, w tym 17,262 za artykuły opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, stanowi bardzo dobry wynik w środowisku naukowym uprawiającym dyscyplinę geodezja i kartografia. Jeżeli weźmie się dodatkowo pod uwagę młody wiek habilitanta, to wynik ten należy uznać za wybitny. Liczba cytowani wg WoS 13 i odpowiadający indeks Hirscha 3 nie są i nie mogą być wysokie, ponieważ w 80% wynikają one z prac opublikowanych od maja 2014 roku.

Reasumując stwierdzam, że dorobek naukowy dr. Krzysztofa Sośnicy jest znaczący w skali międzynarodowej i wnosi istotny wkład do rozwoju geodezji.

### **Aktywność dydaktyczna**

Podczas prawie pięcioletniego pobytu w Szwajcarii Dr Krzysztof Sośnica prowadził zajęcia dla studentów z przedmiotów *Numeryczne Metody w Fizyce, Astronomia II, Astrodynamika*. Po powrocie do Wrocławia powierzono mu prowadzenie wykładów z przedmiotów *Geodezja Satelitarna* i *Rachunek Wyrównawczy*. Prowadził też wykłady podczas regularnie organizowanych kursów dla użytkowników oprogramowania Bernese - *Bernese GNSS Software Courses*. Sprawował opiekę naukową nad kilkoma studentem przygotowującymi prace magisterskie.

Aktywność dydaktyczną habilitanta oceniam jako standardową.

### **Współpraca międzynarodowa i działalność organizacyjna**

Dr Krzysztof Sośnica spędził w sumie 5 lat w renomowanym ośrodku naukowym, jakim jest Instytut Astronomii Uniwersytetu w Bernie, Szwajcarii. Podczas tego pobytu odbył też szereg krótkich wizyt do innych ośrodków zagranicznych: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, BKG, Frankfurt nad Menem, Niemcy; Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH Zürich), Zurych, Szwajcaria; Technische Universität München, Monachium, Niemcy; Technische Universität Dresden, Drezno, Niemcy.

Europejska Unia Nauk o Ziemi EGU powołała go w roku 2015 na członka komitetu decyzyjnego nagród przyznawanych przez EGU: Arne Richter Union Award 2016 oraz EGU Outstanding Young Scientists Award 2016, division: Geodesy.

Dr Sośnica jest już dobrze rozpoznawalny w międzynarodowym środowisku naukowym, o czym świadczy fakt, że zaproszono go do recenzowania 10 artykułów złożonych do druku w czasopiśmie naukowych o zasięgu międzynarodowym, z czego 4 w *Journal of Geodesy*.

Habilitant był w latach 2013-2015 członkiem dwóch międzynarodowych konsorcjów naukowych: 1) *Centrum Wyznaczania Orbit w Europie (Center for Orbit Determination in Europe, CODE)*, w którym był odpowiedzialny za dzienne raporty z walidacją orbit satelitów GPS i GLONASS z wykorzystaniem laserowych pomiarów odległości SLR; 2) *Międzynarodowa Służba Laserowych Pomiarów Odległości (International Laser Ranging Service, ILRS)*, gdzie jako Stowarzyszony Członek Grupy Roboczej Analiz (ILRS Associate Analysis Working Group) był odpowiedzialny za dzienne predykcje orbit satelitów GPS i GLONASS dla wszystkich stacji laserowych SLR.

Reasumując, aktywność dr. Krzysztofa Sośnicy w obszarze współpracy międzynarodowej i działalności organizacyjnej oceniam bardzo wysoko.

### **Wniosek końcowy**

Na podstawie oceny merytorycznej wyodrębnionego osiągnięcia naukowego oraz całkowitego dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Krzysztofa Sośnicy stwierdzam, że spełnione są warunki nadania mu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595, z późniejszymi zmianami i uzupełnieniami), jak również kryteria określone w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. (Dz.U. 2011 nr 196 poz. 1165).

*Aleksander Brzeziński*