

Prof. dr hab. inż. Roman Kadaj
Politechnika Rzeszowska
Katedra Geodezji i Geotechniki im. K. Weigla
adres prywatny:
ul. Świętej Kingi 22/40, 35-614 Rzeszów
tel. 501-627-126
e-mail: kadaj@prz.edu.pl

Rzeszów, 20.10.2020

R e c e n z j a

osiągnięć naukowych dr inż. Walyeldeen Hassan Edres Godah
w formie cyklu artykułów, ogólnie zatytułowanych:

„WPŁYW DANYCH Z GRAWIMETRYCZNYCH MISJI SATELITARNYCH NA WYZNACZENIE WYSOKOŚCI GEOIDY/QUASIGEOIDY ORAZ WYSOKOŚCI ORTOMETRYCZNYCH/NORMALNYCH I ICH ZMIAN W CZASIE”

w związku z jego ubieganiem się o stopień doktora habilitowanego
zgodnie z wymogami art. 219, ust. 1 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018
„Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2020, poz 85 ze zm.)

dla Rady Doskonałości Naukowej Wydziału Geoinżynierii
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

na podstawie umowy o dzieło: nr 5/29200001/2020/UD z dnia 27 sierpnia 2020

1. Podstawowe dane o kandydacie

1.1. Data uzyskania stopnia doktora oraz nazwa jednostki, w której był ten stopień nadany:

2014, Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

1.2. Czy kandydat ubiegał się wcześniej o stopień doktora habilitowanego?

- Nie ma na ten temat informacji.

1.3. Przebieg pracy naukowo-zawodowej:

06/2016 – Obecnie Adiunkt, Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), Centrum Geodezji i Geodynamiki, Warszawa, Polska.

11/2014 – 05/2016 Asystent, Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), Centrum Geodezji i Geodynamiki, Warszawa, Polska.

03/2011 – 10/2014 Doktorant, Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), Centrum Geodezji i Geodynamiki, Warszawa, Polska.

01/2010 – 02/2011 Wykładowca (Lecturer), University of Khartoum, Faculty of Engineering, Dep. of Surveying Engineering, Chartum, Sudan.

08/2009 – 12/2009 Asystent (Research Assistant), Royal Institute of Technology (KTH), School of Urban Planning and Environment, Division of Geodesy, Sztokholm, Szwecja.

2. Informacja o obowiązujących przepisach prawa na dzień wszczęcia przewodu habilitacyjnego, w tym o obowiązujących kryteriach oceny.

2.1. Aktualne przepisy prawa dotyczące habilitacji

Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2020, poz 85 ze zm.), a rt. 219, ust. 1 pkt. 2 i 3.

2.2. Kryteria oceny (w odniesieniu do danych kandydata):

- a) Kandydat powinien posiadać stopień doktora.
- b) Kandydat posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej 1 monografię naukową lub cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. B.
- c) Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

3. Opinia o osiągnięciach naukowych

3.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Cykl 8 publikacji (w tym 7 współautorskich, przy czym w sześciu publikacjach kandydat jest wymieniony jako główny autor):

- Godah W., Krynski J., Szelachowska M. (2018): The use of absolute gravity data for the validation of Global Geopotential Models and for improving quasigeoid heights determined from satellite-only Global Geopotential Models. *Journal of Applied Geophysics* 152: 38– 47. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2018.03.002>.
- Godah W., Gedamu A.A., Bedada T.B. (2018): On the contribution of dedicated gravity satellite missions to the modelling of the Earth gravity field – A case study of East Africa. *Geoinformation Issues* 10(1(10)): 5–15.

- Elsaka B., Alothman A., Godah W. (2016): On the Contribution of GOCE Satellite-Based GGMs to Improve GNSS/Leveling Geoid Heights Determination in Saudi Arabia. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 9(12): 5842–5850. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2015.2495193>.
- Godah W., Szelachowska M., Krynski J. (2017): On the analysis of temporal geoid height variations obtained from GRACE-based GGMs over the area of Poland. *Acta Geophysica* 65(4): 713–725. <https://doi.org/10.1007/s11600-017-0064-3>.
- Godah W., Szelachowska M., Krynski J. (2018): Application of the PCA/EOF method for the analysis and modelling of temporal variations of geoid heights over Poland. *Acta Geodaetica et Geophysica* 53(1): 93–105. <https://doi.org/10.1007/s40328-017-0206-8>.
- Godah W., Szelachowska M., Krynski J. (2017): Investigation of geoid height variations and vertical displacements of the Earth surface in the context of the realization of the modern vertical reference system – A case study for Poland. In: Vergos G., Pail R., Barzaghi R. (eds) *International Symposium on Gravity, Geoid and Height Systems 2016*. International Association of Geodesy Symposia 148:135–141. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/1345_2017_15.
- Godah W., Szelachowska M., Krynski J. (2017): On the Estimation of Physical Height Changes using GRACE Satellite Mission Data - A Case Study of Central Europe. *Geodesy and Cartography* 66(2): 211–226. <https://doi.org/10.1515/geocart-2017-0013>.
- Godah W. (2019): IGiK–TVGMF: A MATLAB package for computing and analysing temporal variations of gravity/mass functionals from GRACE satellite based global geopotential models. *Computers and Geosciences* 123: 47–58. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2018.11.008>.

Problematyka cyklu publikacji jest ujęta wspólnym tytułem: „WPŁYW DANYCH Z GRAWIMETRYCZNYCH MISJI SATELITARNYCH NA WYZNACZENIE WYSOKOŚCI GEOIDY/QUASIGEOIDY ORAZ WYSOKOŚCI ORTOMETRYCZNYCH / NORMALNYCH I ICH ZMIAN W CZASIE”

3.2. Dane naukowo-metryczne:

• Punktacja ministerialna:

- Całkowita liczba punktów za publikacje kandydata (w tym współautorskie) według aktualnej punktacji MNiSW wynosi **980**, przy czym po uzyskaniu stopnia doktora: **900**
- Publikacje stanowiące rozprawę habilitacyjną mają w sumie **520** punktów.
- Największą liczbę punktów (**140**) ma publikacja w czasopiśmie: *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- Jedna ze zbioru 8 prac opublikowana jest w czasopiśmie „*Geoinformation Issues*”, które nie jest ujęte na liście ministerialnej.

- **Sumaryczny Impact Factor (IF)** (za 5 lat) wynosi **20.062**, a po uzyskaniu stopnia doktora: **19.097**. Dla 8 artykułów stanowiących pracę habilitacyjną, sumaryczny Impact Factor wynosi **10.587**.

- **Liczba cytowań:**

- w bazie Web of Science odnotowano **37** cytowań (**36** po doktoracie), przy czym bez autocytowań: **25**,
- w bazie **SCOPUS** odnotowano **31** cytowań (**24** po doktoracie) przy **25** identyfikowanych dokumentach.

- **Indeks Hirscha:** **4** w bazie **Web of Science** lub **3** w bazie **SCOPUS**.

3.3. Informacja o liczbie publikacji naukowych, monografii, rozdziałów, które nie zostały ujęte w zbiorze stanowiącym rozprawę habilitacyjną:

- Liczba publikacji w czasopismach z IF: **11** (**10** po doktoracie).
- Liczba publikacji w czasopismach bez IF: **7** (**3** po doktoracie).
- Rozdziały w książkach: **4** (**3** po doktoracie).
- Inne publikacje: **31** referatów konferencyjnych w tym **4** referaty zaproszone, **5** przed uzyskaniem stopnia doktora
- Konkursowe projekty badawcze: **6** w tym w dwóch kandydat był kierownikiem
- Recenzje **16** artykułów w czasopismach zagranicznych

3.4. Informacja o najważniejszych czasopismach, w których kandydat opublikował swoje prace naukowe:

Najważniejsze czasopisma, w których kandydat opublikował swoje prace to

- IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (**140** punktów),
- Journal of Applied Geophysics (**100** punktów),
- Computer and Geosciences (**100** punktów),
- Acta Geophysica (**40** punktów),
- Acta Geodaetica and Geophysica (**40** punktów).

3.5. Informacja o wiodącej roli kandydata w publikacjach współautorskich:

Wszystkie wymienione w zbiorze habilitacyjnym publikacje były współautorskie. Zgodnie z wymienianą kolejnością autorów (za wyjątkiem 1 z 8 publikacji) oraz w oparciu o oświadczenia współautorów, kandydat pełnił rolę głównego (wiodącego) autora.

3.6. Ocena wskazanego przez kandydata osiągnięcia naukowego, w tym, czy stanowi on znaczący wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej.

Osiągnięcie naukowe kandydata można sformułować jako zrealizowanie następującego celu badawczego:

Określenie efektów (skutków) jakościowych wykorzystania danych, grawimetrycznych misji satelitarnych, w celu wyznaczenia modelu geoidy (quasi-geoidy).

Różne elementy tej problematyki są podejmowane w załączonych publikacjach.

Oczywiście, badania nad tworzeniem optymalnego modelu geoidy (quasi-geoidy) mają ważne znaczenie praktyczne, ponieważ służą (jakościowo) powszechnie już stosowanej w pomiarach geodezyjnych niwelacji satelitarnej (także w czasie rzeczywistym GNSS-RTK, m.in. w procesach realizacyjnych dużych inwestycji, np. komunikacyjnych). Dokładność tego rodzaju niwelacji zależy istotnie od jakości zastosowanego modelu geoidy (quasi-geoidy) (w Polsce mamy system wysokości normalnych więc interesuje nas w szczególności model quasi-geoidy). Można więc powiedzieć, że każda informacja, która sprzyja ulepszeniu modelu geoidy (quasi-geoidy), służy też jakościowym celom praktycznym w pomiarach geodezyjnych.

Szczegółowe zagadnienia podejmowane w publikacjach to:

- walidacja i porównanie globalnych modeli geopotencjału z misji GRACE i GOCE z wartościami przyśpieszenia siły ciężkości otrzymanymi z bezpośrednich pomiarów grawimetrem absolutnym,
- zbadanie wpływu satelitarnych danych grawimetrycznych na wyznaczenie wysokości geoidy (quasi-geoidy) w ujęciu statycznym,
- badanie czasowych zmian wysokości geoidy (quasi-geoidy),
- opracowanie algorytmów i ich komputerowych implementacji dla wyznaczenia czasowych zmian wysokości geoidy (quasi-geoidy) a także 11 parametrów pola siły ciężkości.

Ogólnie uważam, że kandydat przeprowadził interesujące badania, a ich wyniki mają istotne znaczenie poznawcze i praktyczne w Geodezji jako jednej z nauk o Ziemi. Z treści publikacji i załączonego autoreferatu nasuwają mi się jednak pewne pytania, a niekiedy wątpliwości, które przedstawiam w dalszej części (odwołuję się dalej do identyfikatorów wzorów i tabel z autoreferatu).

W tabeli 1., w kolumnie „średnia” występuje dla każdego modelu satelitarnego i kombinowanego wartość zbliżona do -1.0 mGal, czyli mająca charakter odchylenia systematycznego. W referacie nie ma interpretacji tego wyniku. Nie wiadomo też, czy podane wartości odchyień standardowych (ok. 1.75 mGal) mają charakter estymat nieobciążonych (uwzględniają przesunięcie analizowanych różnic o średnią), czy też są po prostu średniokwadratowymi wartościami różnic otrzymanymi wprost ze wzorów (1), (2). Matematycznie biorąc, po ewentualnym usunięciu odchylenia systematycznego, odchylenie standardowe powinno się zmniejszyć. Myślę, że to systematyczne odchylenie, którego źródłem mogą np. czynniki sprzętowe (kalibracyjne A10) lub metodologiczne, jest samo w sobie informacją godną dociekań. Być może przyczyna leży w metodologii, polegającej na (ewentualnym) podwójnym uwzględnieniu lokalnego wpływu topograficznego. Kandydat twierdzi, że wykorzystuje globalny radarowy model topograficzny SRTM30 o rozdzielczości (30" x 30"). W związku z tym nasuwa się pytanie: Czy podobny model topograficzny o wysokiej rozdzielczości nie został już raz wykorzystany przy tworzeniu EGM2008, kształtując harmoniki sferyczne wyższych stopni i rzędów (maksymalnie 2190)? Czy wobec tego, nie ma w tych wzorach przynajmniej częściowego dublowania informacji?

Z tabeli 1 można również wnioskować, że modele kombinowane (*Global Geopotential Models*) mają nieco lepsze charakterystyki dokładnościowe w odniesieniu

do pomiarów absolutnych niż pojedyncze modele tylko satelitarne (nawiasem mówiąc nasuwa się pytanie, dlaczego do dalszych badań wybrano akurat model TIM_R5?). Wynika stąd, że w zakresie harmonik sferycznych do $l_{max} = 200$, modele kombinowane są lepsze niż pojedyncze modele satelitarne. W jakim więc celu badawczym, zamiast zastosowania modelu kombinowanego (zwłaszcza EGM2008 o najlepszych charakterystykach dokładnościowych), rozważa się zastąpienie „części” takiego modelu (do harmonik stopnia i rzędu 200) modelem satelitarnym? Oczywiście, można powiedzieć, że model EGM2008 jest już „wiekowy”. W ostatnich latach tworzą się nowe modele satelitarne i kombinowane. W związku z tym przyjęta metodologia może być użytecznym narzędziem badawczym.

Podobne spostrzeżenia, jak w przypadku anomalii grawimetrycznych, dotyczą badań porównawczych w zakresie wysokości quasigeoidy (anomalii wysokości). Analizowane są różnice pomiędzy wysokościami quasigeoidy z modelu satelitarnego TIM_R5, a empirycznymi anomaliami wysokości wyznaczonymi z pomiarów GNSS i niwelacyjnych na stacjach ASG-EUPOS w dwóch wariantach: (a) - według wzoru (3) – bez uwzględnienia wyższych harmonik sferycznych modelu EGM2008 oraz (b) – według wzoru (4) - z uwzględnieniem wyższych harmonik sferycznych modelu EGM2008 aż do stopnia i rzędu 2190. Chciałbym w pierwszej kolejności zauważyć, że w tym eksperymencie porównywane wielkości pochodzą z różnych przestrzeni, zarówno w geometrycznym jak i niwelacyjnym systemie wysokości. Anomalia wysokości na stacjach ASG-EUPOS jest określona jako różnica wysokości elipsoidalnej (w układzie PL-ETRF2000) i normalnej (w układzie PL-KRON86-NH). Co ma to wspólnego z definicjami globalnymi. Potrzeba więc najpierw dokonać transformacji anomalii wysokości z jednego układu do drugiego (obojętnie w jakim zwrocie), czyli usunąć ewentualne odchylenia systematyczne, a następnie dokonać odpowiednich porównań. Kandydat bardzo dobrze rozumie tę kwestię, czemu dał wyraz w raportowaniu badań jakie prowadził na obszarze Arabii Saudyjskiej. Porównując undulacje z grawimetrycznych misji satelitarnych z undulacjami empirycznymi wyznaczonymi z pomiarów w krajowych układach odniesienia, konkludował (str. 14, pod rys. 5):

Należy zauważyć, że średnie wartości różnic dN są na poziomie 1.4 m. Mogą być one interpretowane jako błąd systematyczny wynikający z nieprzystawiania dwóch powierzchni ekwipotencjalnych, tj. modelu geoidy grawimetrycznej otrzymanego na podstawie danych z misji satelitarnej GOCE oraz saudyjskiego krajowego układu odniesienia dla wysokości. W celu zminimalizowania błędu systematycznego oraz wyznaczenia lepszego dopasowania modeli geoidy wyznaczonych z GGMs, opracowanych na podstawie danych z misji GOCE do danych satelitarno-niwelacyjnych dla obszaru Arabii Saudyjskiej, zastosowano parametryczne modele transformacji powierzchni korygującej, podobne do tych przedstawionych w pracy Godah i Krynski (2015). Zbadano trzy typy parametrycznych modeli transformacji, cztero-, pięcio- i siedmioparametrowe modele transformacji (np. Heiskanen i Moritz, 1967; Kotsakis i Sideris, 1999; Fotopoulos, 2003).

Powyższe uwarunkowania należało więc odnieść także do polskich układów odniesień, reprezentowanych przez stacje ASG-EUPOS. Model quasigeoidy państwowej PL-geoid-2011 powstał właśnie poprzez wpasowanie (transformację 3D) EGM2008 w układ reprezentowany lokalnie (w obszarze Polski) m.in. przez stacje ASG-EUPOS. Można powiedzieć, że wobec przytoczonego cytatu, kandydat nie był konsekwentny w aplikowaniu posiadanej wiedzy (w niepełnym zakresie zastosował ją w polskich badaniach).

Rozpatrując efekty porównań uwidocznione na rys. 2a i 2b niemal oczywistym jest fakt, że model satelitarny uzupełniony o wyższe harmoniki EGM2008, ujęty w równaniu (4) musi wyrażać dokładniej anomalie wysokości niż sam model satelitarny, ujęty w równaniu (3). Najlepsze zbliżenie do empirycznych anomalii wysokości (na ok. 4 cm) ma model rozszerzony o EGM2008. Gdyby wyeliminować wspomniany czynnik systematyczny to osiągnęlibyśmy zbliżenie na mniej niż 2 cm (przy tworzeniu państwowego modelu quasigeoidy PL-geoid-2011 uzyskano odchylenie standardowe ok. 1,7 cm). W dalszych badaniach kandydat nie stosował już samoistnie modeli satelitarnych lecz w integracji z modelami kombinowanymi o wysokiej rozdzielczości.

Kandydat informuje o utworzeniu (w obszarze Polski) trzech modeli quasigeoidy grawimetrycznej z wykorzystaniem modelu satelitarnego TIM_R5 do 200 stopnia i rzędu, oraz zbioru absolutnych danych grawimetrycznych o zróżnicowanej ilości i gęstości w obszarze Polski. Utworzone modele porównywano z wysokościami quasigeoidy określonymi dla stacji ASG-EUPOS w państwowych systemach odniesień. Podobnie jak to było w omawianych powyżej eksperymentach, również tutaj mamy do czynienia z wielkościami wzajemnie nieskalibrowanymi (obciążonych pewnymi błędami systematycznymi). Wprawdzie wartości odchyłek znacznie odbiegają np. od charakterystyki dokładnościowej modelu EGM2008 (głównie z powodu niewielkiej dokładności samego modelu satelitarnego ograniczonego do harmonik sferycznych stopnia i rzędu 200) ale myślę, że w podanych przykładach kandydatowi chodziło raczej o zaprezentowaniu pewnych kwestii metodologicznych. Przy okazji pozwolę sobie na uwagę formalną. O ile wszystkie rozważane modele satelitarne i kombinowane można zweryfikować niezależnie (poprzez Internet), to brak takiej możliwości w odniesieniu do modeli utworzonych przez kandydata.

Pozytywnie należy ocenić przyjętą przez kandydata metodologię tworzenia modelu kombinowanego quasigeoidy opartą m.in. na teorii kolokacji (wg. Moritza, 1980) oraz metodologię dopasowania (transformacji) modeli satelitarno-grawimetrycznych geoidy (quasi-geoidy) do lokalnych (państwowych) układów odniesień wysokościowych (niwelacyjnych) i geometrycznych (elipsoidalnych). Opracowane narzędzia (modele funkcjonalne posłużyły kandydatowi na zrealizowanie interesujących projektów, dotyczących tworzenia modeli geoidy (quasi-geoidy) dla obszaru Etiopii, Ugandy i Arabii Saudyjskiej. Jak informuje kandydat, wykorzystano 7 najnowszych modeli opracowanych wyłącznie na podstawie danych satelitarnych oraz 4 wysokorozdzielcze modele kombinowane, których źródłem były grawimetryczne dane satelitarne i naziemne oraz dane altimetryczne. Tym razem kandydat nie rozpatrywał samoistnie czystych modeli satelitarnych lecz w integracji z modelami kombinowanymi, wysokorozdzielczymi oraz dla porównania, niezależnie, same modele wysokorozdzielcze. Zakłócenia grawimetryczne oraz wysokości quasi-geoidy z każdego modelu były porównywane z analogicznymi wielkościami uzyskanymi z pomiarów w lokalnych systemach odniesień przestrzennych. Wyniki badań z obszarów Etiopii i Ugandy zestawiono w tabeli 3. Wykazują one w pewnym sensie tezę, że modelowanie pola siły ciężkości z wykorzystaniem wieloletnich danych z misji satelitarnych GRACE i GOCE wpływa na poprawę dokładności wyznaczeń zakłóceń grawimetrycznych i wysokości quasigeoidy. Potwierdza to jedną z głównych tez rozprawy habilitacyjnej. Zwracam jednak ponownie uwagę na niewyeliminowane błędy systematyczne pomiędzy rozważanymi układami odniesień, co wynika z wartości średnich różnic porównywanych zakłóceń grawimetrycznych i wysokości geoidy podanych w tabeli 3. Może to mieć pewien wpływ na interpretacje wyników.

Eliminacja odchyłeń systematycznych jest pokazana bardzo klarownie w wynikach badań na obszarze Arabii Saudyjskiej. Porównania undulacji określonych z globalnych modeli satelitarnych w integracji z EGM2008 z danymi naziemnymi (5187 danych punktów satelitarno-niwelacyjnych), po dokonaniu odpowiednich transformacji 4-7 parametrycznych, przedstawiono w tabeli 4. Niestety, wielkości dyspersji i odchyłeń standardowych są relatywnie duże (w stosunku do dokładności wewnętrznej samego modelu EGM2008) ale być może jest to wynik błędów (niespójności) w samej sieci satelitarno-niwelacyjnej. W każdym razie, przyczyny tak dużych odchyłeń po transformacji powinny być poddane jakiejś analizie i interpretacji. Wydaje mi się, że bardzo interesujące mogłoby być analogiczne porównanie (z undulacjami empirycznymi) undulacji geoidy wyznaczonych z samego modelu wysokorozdzielczego (np. EGM2008), bez uwzględniania modeli satelitarnych.

Nie rozumiem, dlaczego w kolumnie GGMs w tabeli 4 występuje nazwa modelu wysokorozdzielczego (EGM2008) i nazwy modeli satelitarnych, z podobnymi wartościami odchyłeń standardowych. Zgodnie z treścią i wzorem (9) model EGM2008 jest integrowany z modelami satelitarnymi, więc nie powinien występować wewnątrz tabeli 7. A może jest to rozumiane inaczej?

Obszerna część prac badawczych kandydata dotyczy problematyki czasowych zmian geopotencjału, a tym samym czasowych zmian wysokości geoidy (quasigeoidy). W tym celu wykorzystuje on dane z misji satelitarnych GRACE/GRACE-FO. Stosując znane z literatury metody, wyznacza zmiany undulacji geoidy (anomalia wysokości quasigeoidy) w postaci szeregów czasowych, sezonowych, długookresowych/ trendu oraz nie podlegających modelowaniu. W związku z tym kandydat opracował trzy modele czasowych zmian geoidy (quasi-geoidy) poddając je badaniom statystycznym i testom na wydzielonych 4 podobszarach. Jak wynika z tych badań, możliwa dokładność wyznaczenia zmian jest określona błędem średniokwadratowym rzędu ułamków mm. Istotne zmiany na poziomie milimetrów dokonują się w okresach wieloletnich. Kandydat przeprowadził po raz pierwszy badania w tym kierunku na obszarze Polski stosując sprawdzone metody analizy i modelowania zmian czasowych geoidy (quasigeoidy). Chcę podkreślić, że wyniki badań w tym zakresie stanowią istotne osiągnięcia oryginalne kandydata.

Czasowe zmiany wysokości geoidy (quasigeoidy) implikują bezpośrednio zmiany pionowe wysokości ortometrycznych (normalnych). Opracowane modele zmian wysokości geoidy poddano pewnej weryfikacji, konfrontując je z przemieszczeniem pionowym obserwatorium w Borowej Górze. Również ciekawe wyniki w tym względzie uzyskał prof. Wyrzykowski analizując ruchy pionowe skorupy ziemskiej w obszarze Polski, na podstawie okresowych (co 20 lat) pomiarów podstawowej osnowy wysokościowej. Myślę jednak, że w takim porównaniu powinno się wykazać, że porównywane wielkości są wyrażone w tym samym układzie odniesienia. W przeciwnym razie jakkolwiek interpretacja może budzić wątpliwości.

Nurtuje mnie też pytanie, czy na wyniki opisywanych badań dynamicznych nakładają się efekty pływowe?

Podsumowaniem badań kandydata jest autorski program komputerowy służący do modelowania czasowych zmian geoidy (quasi-geoidy), dostępny publicznie na wskazanej przez kandydata stronie. Program jest dowodem kompletności badań kandydata w

deklarowanej specjalności geodezyjnej. W tej formie udostępnia je m.in. innym badaczom podobnej problematyki.

Reasumując chciałbym stwierdzić, że prace kandydata stanowią istotny wkład do wiedzy w zakresie geodezji jako nauki o Ziemi. W szczególności wkład ten dotyczy zastosowania grawimetrycznych modeli satelitarnych w powiązaniu z wysoko-rozdzielczymi modelami kombinowanymi do tworzenia (optymalizacji) lokalnych modeli geoidy (quasigeoidy) jako istotnych elementów systemów odniesień przestrzennych. Równoległy wkład kandydata to opracowana i zaimplementowana komputerowo metodologia badań zmienności lokalnej geoidy (quasigeoidy). Pewne uwagi krytyczne, które zamieściłem w opinii nie przeważają nad walorami prezentowanych wyników badań, przedłożonych w formie rozprawy habilitacyjnej.

3.7. Informacja o spełnieniu przez kandydata kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową.

- O aktywności kandydata w sferze nauki świadczą przede wszystkim wykazane w dokumentacji wniosku publikacje (w większości w czasopismach punktowanych, posiadających IF), rozdziały w książkach, referaty konferencyjne, recenzje, a także projekty badawcze, w tym te, w których kandydat pełnił funkcję kierownika.
- Aktywność naukowa kandydata przejawia się również w członkostwie w międzynarodowych organizacjach (towarzystwach) naukowych:
 - 2019– (obecnie) Canadian Geophysical Union (CGU) (Członek)
 - 2018– (obecnie) American Geophysical Union (AGU) (Członek)
 - 2015–2019 International Association of Geodesy (IAG), Commission 2 “Gravity Field”, Inter-Commission Committee on Theory (ICCT), Joint Study Group 0.12: Advanced computational methods for recovery of highresolution gravity field models (Członek)
 - 2015–2023 International Association of Geodesy (IAG), Commission 2 “Gravity Field”, Sub Commission 2.4b: Gravity and Geoid in Africa (Członek)

3.8. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę kandydata.

Kandydat jest pracownikiem Instytutu Geodezji i Kartografii, gdzie nie ma planowanych zajęć dydaktycznych. Jednak w ramach stażu zagranicznego w Sudanie w latach 2010-2011 pełnił funkcję wykładowcy (University of Khartoum, Faculty of Engineering, Dep. of Surveying Engineering, Chartum, Sudan). Jednak, wiele aktywności naukowych (m.in. referaty zaproszone) miało też w pewnym sensie cele dydaktyczne i popularyzujące naukę. Oceną wiedzy i umiejętności dydaktycznych kandydata mogą świadczyć same zaproszenia na wykłady. O walorach organizacyjnych kandydata w sferze nauki może świadczyć to, że powierzano mu kierowanie tematami badawczymi.

Konkluzja

Pomimo pewnych uwag krytycznych, z treści przedłożonych publikacji i autoreferatu wnoszę, że (w świetle określonych formalnie kryteriów) **jest to w sumie dzieło spełniające wymogi rozprawy habilitacyjnej**. Treść prac dokumentuje wiedzę i warsztat naukowy kandydata, a uzyskane wyniki stanowią istotny wkład do wiedzy w zakresie geodezji fizycznej. W szczególności dotyczą one wykorzystania satelitarnych danych grawimetrycznych do tworzenia lokalnych modeli geoidy (quasigeoidy) lub do rejestracji zmian tych modeli w czasie. Generalnie więc recenzowany dorobek naukowy spełnia wymogi przepisów ustawy dotyczącej awansów naukowych. Z tą pozytywną opinią wnoszę o podjęcie dalszych kroków w procedurze nadania kandydatowi stopnia naukowego **doktora habilitowanego**.



Roman Kadaj