

Kraków, 19 sierpnia 2023 r.

dr hab. inż. Jacek Kudrys
AGH w Krakowie

Recenzja dorobku naukowego w sprawie nadania lub odmowy nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Andrzejowi Araszkiwiczowi

Recenzja przygotowana została w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, płk. prof. dr. hab. inż. Michała Kędzierskiego, z dnia 13 czerwca 2023 r.

Informacje o kandydacie

Dr inż. Andrzej Araszkiwicz ukończył studia magisterskie na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej w 2008 roku, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera w specjalności geodezja i nawigacja satelitarna. W latach 2008 - 2009 zatrudniony był w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie, a od 2009 roku jest pracownikiem Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie. Od roku 2015 zajmuje stanowisko adiunkta naukowo-dydaktycznego. Dr inż. Andrzej Araszkiwicz uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia - specjalność geodezja satelitarna - w roku 2015, nadany przez Radę Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji WAT. Rozprawa doktorska zatytułowana "Analiza wykorzystania zmian długości wektorów bazowych pomiarów GPS do wyznaczenia pola prędkości lokalnych na terenie Europy" przygotowana była pod opieką prof. Mariusza Figurskiego. Zainteresowania badawcze habilitanta koncentrują się wokół zagadnień związanych z szeroko pojętym wykorzystaniem techniki GNSS do m. in. modelowania deformacji litosfery, realizacji układu odniesienia, czy określaniem błędów związanych z działaniem satelitarnych systemów nawigacyjnych.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, przedstawione przez kandydata jako podstawa do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, stanowi cykl 7 publikacji powiązanych tematycznie, zatytułowany: "Modelowanie zmian położenia anten GNSS na stacjach referencyjnych w kontekście badań deformacji tektonicznych w Polsce". W przedstawionym cyklu znalazły się publikacje z okresu 2016 - 2023, z czego jedna jest samodzielna, a w pozostałych 6 pracach udział kandydata wynosi od 20% do 70%, przy czym w czterech z nich kandydat pełnił rolę autora korespondencyjnego. W dwóch pracach z mniejszościowym udziałem habilitanta, jego wkład był drugim co do wielkości spośród wszystkich współautorów.

Pierwsze cztery publikacje cyklu związane są z problematyką kalibracji anten odbiorników sygnałów GNSS i jej wpływu na wyniki opracowania.

W publikacji [H1] zatytułowanej "The impact of the antenna phase center models on the coordinates in the EUREF Permanent Network", autorzy oceniają wpływ równoczesnego wykorzystania dwóch zestawów modeli środków fazowych anten dostępnych dla stacji EPN. W publikacji przeanalizowano szeregi czasowe współrzędnych, w celu określenia, który z modeli anten jest najbardziej odpowiedni do redukcji sygnałów sezonowych. Wyniki opracowania wyraźnie pokazują, że ani model średni dla konkretnego typu anteny, ani modele indywidualnej kalibracji nie usuwają ani nie redukują sygnałów sezonowych w szeregach czasowych. Wyniki analiz dowodzą, że wyznaczenie współrzędnych z wykorzystaniem modelu średniego dla typu anteny, i obliczenia z zastosowaniem modeli indywidualnych mogą różnić się o ok. 10 mm dla składowych poziomych i pionowych. Są to jednak pojedyncze przypadki, a większość modeli anten powoduje różnicę poniżej 2 mm dla składowej poziomej i 4 mm dla składowej pionowej. Uzyskane wyniki mogą posłużyć do weryfikacji badań i usług realizowanych pod auspicjami EUREF, w których wykorzystywane są różne modele środka fazowego anteny. W artykule pokazano również, że wyrównanie sieci regionalnej w układzie IGB08 z wykorzystaniem różnych indywidualnych lub średnich modeli kalibracyjnych zastosowanych na stacjach referencyjnych ma wpływ na wyniki wyrównania. Jednak, według autorów, wpływ ten jest niewielki i pomijalny.

Publikacja [H2] "EPN-Repro2: A reference GNSS tropospheric data set over Europe" omawia prace prowadzone w ramach drugiej kampanii reprocessingu sieci EPN i tylko w niewielkim stopniu traktuje o danych kalibracyjnych anten.

Autorzy skupili się w niej na produktach troposferycznych - całkowitym opóźnieniu troposferycznym (ZTD) - które zostały wyznaczone przez pięć Centrów Analiz EPN w latach 1996–2014 i opisali produkt wynikowy powstały z połączenia poszczególnych wyznaczeń ZTD. Jak pokazały przeprowadzone badania, niespójności w szeregach czasowych ZTD spowodowane różnymi modelami kalibracji anteny nie są wystarczająco duże, aby można je było wychwycić podczas procesu łączenia rozwiązań, gdzie w celu wykrycia problematycznych centrów analiz lub stacji permanentnych przyjmuje się próg 10 mm dla różnic ZTD. Ponadto w pracy oceniono wpływ niepływowego obciążenia atmosferycznego na ZTD, uznając go za nieistotny. Wykazano również, że jakość łącznego ZTD, jest niższa przed tygodniem GPS 1055 (26 marca 2000) co jest związane z gorszą jakością danych obserwacyjnych i produktów w pierwszych latach działalności EPN/IGS. Ogólne odchylenie standardowe różnic ZTD i danych z radiosondy z opracowania EPN-Repro2 jest o około 3-4% mniejsze w porównaniu z rozwiązań EPN-Repro1.

W publikacji [H3] "Height variation depending on the source of antenna Phase Centre Corrections: LEIAR25.R3 case study" przedstawiono wpływ sposobu modelowania położenia środków fazowych anten na wyznaczenie wysokości. Porównanie dotyczyło dwóch rodzajów modeli anten wykorzystywanych na stacjach permanentnych sieci EPN - średniego modelu dla danego typu anteny (kalibracja igs08.atx) oraz modelu indywidualnego dla konkretnego egzemplarza anteny (kalibracja Geo++). Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że w zależności od zastosowanego modelu, wyniki opracowania mogą różnić się o ponad 1 cm. Nie można jednak wskazać, który z modeli daje w ogólnym przypadku lepsze rezultaty - przy niskich minimalnych wysokościach horyzontalnych był to model indywidualny, przy wysokościach horyzontalnych rzędu 5° - 10° model średni dla typu anteny. W badaniach zaobserwowano także liniową zależność pomiędzy różnicami porównywanych modeli, a różnicami wyznaczonej wysokości.

Kolejna publikacja [H4] pt. "Impact of Using GPS L2 Receiver Antenna Corrections for the Galileo E5a Frequency on Position Estimates" dotyczy oceny wpływu wykorzystania poprawek kalibracyjnych wyznaczonych dla systemu GPS do opracowania obserwacji z systemu Galileo. Należy zwrócić uwagę, że w czasie gdy powstawał artykuł, poprawki dla systemu Galileo nie były powszechnie dostępne - można było je uzyskać tylko poprzez kalibrację w komorze bezdechowej - i opracowanie obserwacji często wymagało wykorzystania innych, zastępczych, modeli kalibracyjnych anten. W ramach przeprowadzonych badań przeanalizowano wyniki opracowania obserwacji

w trybach PPP i podwójnych różnic, na 25 stacjach permanentnych należących do sieci EPN/IGS. Głównym celem tej pracy było określenie wielkości wpływu wykorzystania poprawek kalibracyjnych dla sygnału GPS L2 przy opracowaniu obserwacji systemu Galileo z wykorzystaniem obserwacji na częstotliwości E5a. Obie częstotliwości różnią się o 51.15 MHz i z tego powodu położenie rzeczywistego środka fazowego anteny także będzie różne. Przeprowadzono analizę porównawczą 5 różnych wariantów rozwiązań, wykorzystując dane kalibracyjne dla systemów GPS i Galileo pochodzące z komory bezdechowej oraz średnie dla danego typu anteny publikowane przez IGS. Pokazano, że dla testowanych sześciu typów anten, wykorzystanie danych kalibracyjnych GPS L2 w miejsce Galileo E5a nie musi powodować znacznych różnic w składowej poziomej wyznaczanych pozycji. Mogą być jednak anteny, dla których tego typu zamiana parametrów kalibracyjnych będzie powodować istotne różnice w wynikach wyznaczeń pozycji poziomej. W przypadku wysokości różnica wynikająca z zastosowania parametrów dla GPS L2 wyniosła średnio -7.7 mm. Przy czym pojawiła się tendencja, że nowsze dane kalibracyjne powodowały mniejsze różnice. Potwierdzono także mniejszą spójność wyników pochodzących z rozwiązań wykorzystujących dane kalibracyjne Galileo E5a z wynikami rozwiązań GPS L2. Spowodowane jest to różnicami w sposobach kalibracji anten satelitów obu systemów, wprowadzającymi międzysystemowe błędy w wyznaczaniu wysokości. Dodatkowe porównanie z wykorzystaniem danych z komory kalibracyjnej i robota dla systemu GPS, pokazało wysoką zgodność rozwiązań końcowych nie przekraczającą 3 mm.

Badania dotyczące wpływu położenia środków fazowych anten odbiorników GNSS recenzent ocenia wysoko. Przeprowadzono porównanie różnych anten tego samego typu, różnych rodzajów modeli położenia środka fazowego anteny, a także porównano modele będące wynikiem różnych sposobów kalibracji. Problematyka została potraktowana kompleksowo i uzyskano szereg cennych informacji o tym, jaki jest ilościowy wpływ parametrów kalibracyjnych anten na końcowe rozwiązanie. Prace badawcze prowadzone przez habilitanta przyczyniły się do podjęcia decyzji o rezygnacji ze stosowania kalibracji indywidualnych w analizach EUREF, co należy uznać za jego znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Tematyka kolejnych trzech publikacji dotyczy modelowania odkształceń powierzchniowych z wykorzystaniem pomiarów GNSS.

Publikacja [H5] zatytułowana "Erroneous GNSS Strain Rate Patterns and their Application to Investigate the Tectonic Credibility of GNSS Velocities" dotyczy

badania wiarygodności wyznaczenia odkształceń powierzchniowych na podstawie prędkości przemieszczeń stacji GNSS. Celem badań było opracowanie metodyki filtrowania przemieszczeń stacji tak by zidentyfikować stacje charakteryzujące się odmiennym ruchem od stacji bezpośrednio sąsiadujących. Model tempa przemieszczeń na obszarze Polski wyznaczony z zastosowaniem metody kolokacji, po usunięciu stacji odstających - wytypowanych przy pomocy opracowanej metody filtrowania - wykazywał dużą zgodność z kierunkami naprężeń poziomych skorupy ziemskiej znanymi z literatury przedmiotu.

Niejako kontynuacją powyższego tematu badawczego są analizy opisane w publikacji [H6] "Contemporary state of stress in a stable plate interior (northern Poland): The integration of satellite geodesy, borehole and seismological data". Wykorzystując tą samą metodologię filtrowania stacji permanentnych, autorzy tym razem analizowali prędkości stacji w celu oceny wielkości naprężeń w obszarze Polski północnej. Tutaj również uzyskane wyniki były zgodne z innymi źródłami - naprężeniami wyznaczonymi na podstawie pomiarów w otworach wiertniczych. Błędy wyznaczonych wartości tempa odkształceń charakteryzowały się wielkością tego samego rzędu co wartości wyznaczane co w opinii autorów może budzić pewne wątpliwości co do wiarygodności zastosowanej metodologii. W celu podniesienia wiarygodności oszacowania tempa odkształceń autorzy zaproponowali zwiększenie liczby stacji permanentnych wykorzystywanych do tego typu analiz.

W konsekwencji, kolejnym etapem badań w tym zakresie, była próba weryfikacji wcześniejszych wyników na podstawie większej liczby danych obserwacyjnych przedstawiona w artykule [H7] "Integration of Distributed Dense Polish GNSS Data for Monitoring the Low Deformation Rates of Earth's Crust". W artykule przedstawiono porównanie modeli prędkości deformacji wyznaczone techniką GNSS dla wybranego obszaru Polski. Analiza pól prędkości z wykorzystaniem różnych sposobów filtrowania pozwoliła na zdefiniowanie obszarów o stałym ruchu stacji oraz takich, w których ruch stacji był chaotyczny. W zależności od zastosowanej metody filtrowania danych modele szybkości odkształcania różniły się w niewielkim stopniu. Z przeprowadzonych analiz wynika, że dla wybranego obszaru Polski na ostateczny obraz prędkości odkształceń duży wpływ ma dobór danych źródłowych. Z przeprowadzonych badań, autor wyciąga wnioski że, oceniając ruchy stacji, należy wziąć pod uwagę dostępne informacje na temat instalacji stacji i charakterystyki szeregów czasowych, a zwłaszcza czy stacja wykazuje tendencję ruchu nieliniowego. Ponadto, według autora, monitorowanie ruchów

stacji GNSS w kontekście badań aktualnej aktywności tektonicznej jest uzasadnione, nawet w regionach o małej aktywności tektonicznej.

Odnosząc się do całości cyklu przedstawionego jako osiągnięcie naukowe, a zwłaszcza do jego tytułu, według recenzenta trochę słabo zaznaczony jest wpływ modelowania środków fazowych anten na badania deformacji skorupy ziemskiej szczególnie w publikacjach [H5] i [H6]. Istnienie takiego wpływu jest dla ekspertów w dziedzinie opracowania obserwacji GNSS niejako oczywiste, lecz interesujące mogło by być tutaj pokazanie jego charakteru i wielkości. W wymienionych dwóch pracach brak nawet wzmianki o problematyce środków fazowych anten.

Jako dodatkowe osiągnięcie naukowe, dr inż. A. Araszkiwicz podaje utworzenie Centrum Infrastruktury Badawczej Danych GNSS, które stanowi krajowy element węzła tematycznego programu EPOS. Jak podaje Autor, zadaniem Centrum jest pozyskiwanie danych obserwacyjnych GNSS z rozproszonych sieci pomiarowych oraz ich analiza. W Centrum archiwizowane są obserwacje z ponad 500 stacji referencyjnych w Polsce. Analizy przeprowadzone z wykorzystaniem zgromadzonych danych obserwacyjnych służą zarówno do monitorowania stanu pracy stacji referencyjnych jak i badaniom prowadzonym w ramach dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport (n.p. art. [H7]). Co istotne, produkty powstałe w Centrum są ogólnodostępne dla wszystkich zainteresowanych.

Ocena istotnej aktywności naukowej

Dr inż. Andrzej Araszkiwicz, w trakcie swojej kariery zawodowej, może pochwalić się dość znaczną aktywnością naukową. W latach 2008 - 2023 (do czasu sporządzenia recenzji) jest autorem lub współautorem 30 artykułów, z czego 19 powstało po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, a także jest współautorem trzech rozdziałów w monografiach. 25 razy wygłosił referaty na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych (w tym 3 referaty zaproszone). Brał udział w pracach dwóch komitetów organizacyjnych międzynarodowych konferencji. Uczestniczył w pracach 11 zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów, a w kilku z nich pełnił rolę kierownika projektu lub głównego wykonawcy. Jest lub był członkiem 7 organizacji naukowych krajowych i międzynarodowych, a także jest członkiem komitetu redakcyjnego czasopisma *Advances in Geodesy and Geoinformation* jako edytor pomocniczy. Dwukrotnie recenzował projekty badawcze.

Konkluzja

W ocenie recenzenta, zarówno poziom naukowy cyklu prac "Modelowanie zmian położenia anten GNSS na stacjach referencyjnych w kontekście badań deformacji tektonicznych w Polsce", przedstawiony jako główne osiągnięcie naukowe jak i aktywność naukowa dr. inż. Andrzeja Araszkiewicza, spełniają kryteria ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Jacek Kudrys