

Zielona Góra, 20 sierpień, 2024 roku

Prof. dr hab. Andrzej J. Maciejewski
Instytut Astronomii im. profesora Janusza Gila
Uniwersytet Zielonogórski

Ocena osiągnięć naukowych dra Ireneusza Włodarczyka „**Wybrane metody obliczeń orbitalnych w przewidywaniu ruchu planetoid i komet**” w postępowaniu habilitacyjnym.

Ramy prawne i formalne recenzji.

Recenzję sporządzono w oparciu o art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z późniejszymi zmianami oraz zalecenia Rady Doskonałości Naukowej (RDN) sformułowane w dokumencie *Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego* z dn. 9. sierpnia 2023 roku, w szczególności str. 32-33. Ograniczając przepisy kontekstowo do przedłożonego wniosku, stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora oraz

2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:

2b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie 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;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagraniczej.

Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

Jednocześnie obowiązuje art. 221, punkt 8. Recenzenci [...] oceniają, czy osiągnięcia naukowe osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2.

Formalna ocena wniosku habilitacyjnego.

Jako osiągnięcie naukowe dr Włodarczyk przedstawił monotematyczny cykl publikacji pt. „Wybrane metody obliczeń orbitalnych w przewidywaniu ruchu planetoid i komet”, który podzielił na następujące grupy tematyczne:

- I. Ogólne przewidywanie ruchów planetoid i komet.
Ta grupa składa się z sześciu prac:
 1. H1A. Włodarczyk, I. 2001. Prediction of the Motion of Asteroids and Comets Over Long Intervals of Time. *Acta Astronomica* 51, 357–376.
 2. H1B. Włodarczyk, I. 2021. Orbital evolution of Mars-crossing asteroids. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 500, 3569–3578.
 3. H1C. Włodarczyk, I. 2019. Some parameters of selected NEAs. *Bulgarian Astronomical Journal* 30, 44.
 4. H1D. Włodarczyk, I. 2017. Orbital evolution of dormant short-period near-Earth comet candidates. *Bulgarian Astronomical Journal* 26, 35.
 5. H1E. Włodarczyk, I. 2007. Error Propagation of the Computed Orbital Elements of Selected Near-Earth Asteroids. *Acta Astronomica* 57, 103–121.
 6. H1F. Gabryszewski, R., Włodarczyk, I. 2003. The resonant dynamical evolution of small body orbits among giant planets. *Astronomy and Astrophysics* 405, 1145–1151.
- II. Ruch planetoid na orbitach wstecznych.
Do tej grupy tematycznej wchodzi następujące prace:
 1. H2A. Włodarczyk, I. 2022. Non-gravitational parameters and orbital stability of asteroids in retrograde orbits. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 516, 6116–6122.
 2. H2B. Kankiewicz, P., Włodarczyk, I. 2018. How long will asteroids on retrograde orbits survive? *Planetary and Space Science* 154, 72–76.
 3. H2C. Kankiewicz, P., Włodarczyk, I. 2017. Dynamical lifetimes of asteroids in retrograde orbits. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 468, 4143–4150.
 4. H2D. Kankiewicz, P., Włodarczyk, I. 2014. Orbital Evolution and Impact Hazard of Asteroids on Retrograde Orbits. *Meteoroids* 2013, 27–33.
 5. H2E. Kankiewicz, P., Włodarczyk, I. 2010. The Orbital Evolution of 2007 VA85, an Amor-type Asteroid on a Retrograde Orbit. *Protecting the Earth against Collisions with Asteroids and Comet Nuclei*, 268.
 6. H2F. Kankiewicz, P., Włodarczyk, I. 2010. Possible Origin of Asteroids on Retrograde Orbits. *Protecting the Earth against Collisions with Asteroids and Comet Nuclei*, 52.
 7. H2G. Włodarczyk, I., Cernis, K. 2022. Observational data and orbits of the comets discovered at the Vilnius Observatory in 1980-2006 and the case of the comet 322P. *Open Astronomy* 31, 244–255.
- III. Groźne planetoidy.
W tej grupie wymienione są następujące prace:
 1. H3A. Włodarczyk, I. 2020. Special Group of the Potentially Hazardous Asteroids. *Bulgarian Astronomical Journal* 32, 27.
 2. H3B. Włodarczyk, I. 2019. The potentially hazardous NEA 2001 BB16. *Open Astronomy* 28, 180–190.
 3. H3C. Włodarczyk, I. 2017. Possible impact solutions of asteroid (99942) Apophis. *Bulgarian Astronomical Journal* 27, 89.
 4. H3D. Włodarczyk, I. 2016. The potentially hazardous asteroid 2000 SG344. *Baltic Astronomy* 25, 179–187.
 5. H3E. Włodarczyk, I. 2015. The Potentially Hazardous Asteroid (410777) 2009 FD. *Acta Astronomica* 65, 215–231.
 6. H3F. Włodarczyk, I. 2015. The potentially hazardous asteroid 2009 FD. *Bulgarian Astronomical Journal* 22, 15.

7. H3G. Włodarczyk, I. 2013. The potentially dangerous asteroid (99942) Apophis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 434, 3055–3060.
 8. H3H. Włodarczyk, I. 2012. The potentially dangerous asteroid 2012 DA14. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 427, 1175–1181.
 9. H3I. Włodarczyk, I. 2012. Impact orbits of the asteroid 2009 FJ with the Earth. *Solar System Research* 46, 301–312.
 10. H3K. Włodarczyk, I. 2008. The impact orbits of the dangerous asteroid (99942) Apophis. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* 38, 21–32.
 11. H3L. Kankiewicz, P., Włodarczyk, I. 2006. Stability of the Most Hazardous Mars-Crossers. *Acta Astronomica* 56, 413–425.
- IV. Zachowanie się planetoid w rodzinach asteroid.
- W tym temacie wymienione są następujące prace:
1. H4A. Leliwa-Kopystyński, J., Włodarczyk, I. 2020. Estimations of masses of the non-observed 'tails' of asteroid families. *Planetary and Space Science* 193.
 2. H4B. Włodarczyk, I., Leliwa-Kopystyński, J. 2018. Forward orbital evolution of the Vesta Family with and without the Yarkovsky effect. *Bulgarian Astronomical Journal* 28, 79.
 3. H4C. Leliwa-Kopystyński, J., Włodarczyk, I., Burchell, M.~J. 2016. Analytical model of impact disruption of satellites and asteroids. *Icarus* 268, 266–280.
 4. H4D. Włodarczyk, I., Leliwa-Kopystyński, J. 2014. Volume and mass distribution in selected asteroid families. *Meteoritics and Planetary Science* 49, 1795–1811.
 5. H4E. Leliwa-Kopystyński, J., Banaszek, M., Włodarczyk, I. 2012. Longitudinal asymmetry of craters' density distributions on the icy satellites. *Planetary and Space Science* 60, 181–192.
 6. H4F. Leliwa-Kopystyński, J., Burchell, M.~J., Włodarczyk, I. 2009. The impact origin of Eunomia and Themis families. *Meteoritics and Planetary Science* 44, 1929–1935.
- V. Współpraca międzynarodowa.
- W tym cyklu wymienione są prace:
1. H5A. Włodarczyk, I., Cernis, K. 2022. Observational data and orbits of the comets discovered at the Vilnius Observatory in 1980–2006 and the case of the comet 322P. *Open Astronomy* 31, 244–255. doi:10.1515/astro-2022-0023.
 2. H5B. Włodarczyk, I., Cernis, K., Boyle, R.~P. 2017. Discovery, Orbit and Orbital Evolution of the Distant Object (463368) 2012 VU85. *Acta Astronomica* 67, 81.
 3. H5C. Włodarczyk, I., Cernis, K., Boyle, R.~P., Laugalys, V. 2014. Discovery and dynamical characterization of the Amor-class asteroid 2012 XH16. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 438, 2621–2633.
 4. H5D. Włodarczyk, I., Cernis, K., Eglitis, I. 2011. Analysis of the orbit of the Centaur asteroid 2009 HW77. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 418, 2330–2335.

Zatem dr Włodarczyk przedstawił jako monotematyczny cykl 34 publikacji, które ukazały się w latach 2001–2023. Spośród nich 16, to prace samodzielne; 5 prac zostało opublikowanych w *Acta Astronomica*, 7 w *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1 w *Astronomy and Astrophysics*, 3 w *Open Astronomy*, 5 w *Planetary and Space Science*, 6 w *Bulgarian Astronomical Journal*.

Formalne wyróżnienie „Współpracy międzynarodowej” jako oddzielnej grupy tematycznej w monotematycznym cyklu prac nie uznaję za właściwe. Prace z tej grupy mogłyby zostać włączone do pozostałych grup.

Sądzę również, że sam wniosek nie straciłby na wartości, gdyby habilitant dokonał bardziej restrykcyjnej selekcji swoich prac.

Przypuszczam, że dołączony autoreferat miał ułatwić orientację potencjalnym recenzentom w bardzo obszernym cyklu prac. Tę rolę spełnia tylko w części. Nie będę omawiał różnych braków tego autoreferatu, gdyż ocenie podlega tylko dorobek naukowy habilitanta.

Moim zdaniem formalny podział monotematycznego cyklu publikacji na grupy tematyczne nie był najlepszym pomysłem. Jedynym uzasadnieniem takiego podziału jest duża liczba prac włączonych do cyklu.

Pomimo wymienionych uchybień, stwierdzam, że wniosek spełnia formalne wymogi wymienione w zacytowanym wcześniej zaleceniu RDN.

Sylwetka habilitanta.

Dr J. Włodarczyk uzyskał tytuł magistra na Uniwersytecie Wrocławskim w 1974 roku. Jego praca magisterska „Obszary aktywne na powierzchni Słońca” została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. Bogdan Rompolta.

Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie astronomii uzyskał w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie w 2000 roku. Promotorem jego rozprawy doktorskiej „Wpływ dokładności wyznaczania orbit planetoid i komet na przewidywanie ich ruchów w długich okresach czasu” był prof. dr hab. Grzegorz Sitarski.

W okresie 1.10.1974 - 31.12.2009 dr Włodarczyk był pracownikiem naukowo-dydaktycznym Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika w Chorzowie.

Planetarium nie jest typową instytucją akademicką. Dlatego też chciałbym szczególnie wyróżnić dużą aktywność naukową dr. Włodarczyka. Wykazał on nie tylko silną motywację, energię i zapał by obronić doktorat, ale po uzyskaniu stopnia doktora kontynuował systematycznie swoje badania co zaowocowało licznymi publikacjami. Szczerze to podziwiam.

Merytoryczna ocena osiągnięcia naukowego.

Większość prac włączonych do recenzowanego osiągnięcia została opublikowana w czasopiśmie o powszechnie uznanej renomie. Były więc one już raz recenzowane przez niezależnych recenzentów.

Wszystkie prace włączone do cyklu habilitacyjnego dotyczą badania dynamiki małych ciał w Układzie Słonecznym. Tego typu zagadnienia można badać analizując numerycznie i analitycznie uproszczone modele. W takim podejściu nie jest analizowana dynamika

konkretnych obiektów astronomicznych. Alternatywna metodologia polega na badaniu konkretnych obiektów w możliwie pełnym modelu Układu Słonecznego oraz fizycznego modelu badanych ciał. Wymaga ona wykorzystania i analizy dostępnych obserwacji oraz oszacowania parametrów fizycznych badanych obiektów. We wszystkich pracach cyklu dr Włodarczyk wykorzystuje właśnie takie podejście.

Główny problem jaki postawiono w tych pracach jest następujący. Rozwój technik komputerowych pozwala na badanie ewolucji nawet bardzo złożonych układów w dużych przedziałach czasu. Przez długi okres czasu panowało powszechne przekonanie, że dokładność przewidywań takich badań ograniczona jest tylko dokładnością zastosowanych algorytmów oraz precyzją reprezentacji numerycznej liczb rzeczywistych. Okazało się, że tak nie jest. W zasadzie większość modeli, które z założenia są deterministyczne, jest nieprzewidywalna. Zjawisko to objawia się na różne sposoby, poznano wiele mechanizmów jego powstawania, ale w dalszym ciągu trudno uznać je za w pełni poznane i w pełni zrozumiane. W szczególności dotyczy to ewolucji orbitalnej małych ciał w Układzie Słonecznym. Dr Włodarczyk badał to zjawisko dla wybranych ciał naszego Układu. Jak podkreśliłem, samo zjawisko nie jest do końca zbadane i zrozumiane, dlatego też uważam, że wyniki prac dr Włodarczyka są ważne i stanowią znaczące osiągnięcie naukowe. Ich wagę i znaczenie postaram podkreślić omawiając wyniki najważniejszych z nich.

Prace H1A-H1F są kontynuacją badań prowadzonych przez dr Włodarczyka w swojej pracy doktorskiej. W najstarszej z nich H1A, dr Włodarczyk pokazał, że przewidywania położenia małych ciał można prowadzić tylko w pewnym przedziale czasowym. Górna granica tego przedziału została nazwana czasem stabilności. W kolejnych pracach tego cyklu analizowana jest propagacja błędów wyznaczonych orbit dla wybranych orbit asteroidów zbliżających się do Ziemi. Spostrzeżenie, że dynamiczna stabilność badanych obiektów zależy istotnie od przyjętego modelu perturbacyjnego wydaje się oczywiste, ale w istocie wymaga głębszej analizy. Mianowicie należy wyjaśnić czy i w jakim sensie tego typu modele mogą być strukturalnie stabilne. Pracę H1B dr Włodarczyk uważa i moim zdaniem, słusznie za swoje duże osiągnięcie. Dotyczy ona dynamiki asteroidów, których orbity przecinają orbitę Marsa. Praca ta modyfikuje wyniki uzyskane wcześniej przez P. Mitchel.

Prace H2A-H2G zawierają wyniki badań dra Włodarczyka dotyczące dynamiki ciał poruszających się na orbitach wstecznych. Prace te były prowadzone wspólnie z dr. Kankiewiczem. Ważnym wynikiem tych prac jest wyznaczenie parametrów niegrawitacyjnych całej grupy obiektów i udowodnienie, że różnią się one istotnie od tych dla typowych planetoid. Po raz pierwszy zwrócono w nich uwagę na to, że tego typu planetoidy powinny wykazywać aktywność kometarną. Bardzo ciekawe wyniki zawiera praca H2G. Pokazano w niej, że orbita komety 332P cyklicznie zmienia się na orbitę wsteczną i że przyczyną takich przejść jest ewolucyjne działanie rezonansu w ruchu średnim 3:1 z Jowiszem.

Prace H3A-H3L dotyczą analizy orbit planetoid, które potencjalnie mogą stanowić zagrożenie dla Ziemi. Ta tematyka stała się od pewnego czasu bardzo popularna. Związane jest to z faktem, iż w ostatnich latach duże środki finansowe przeznaczane są na bezpieczeństwo. W wymienionych pracach dr Włodarczyk wyróżnił grupy i pojedyncze planetoidy, które będą przechodzić w pobliżu Ziemi i potencjalnie mogą się z nią zderzyć. W takich przypadkach ważne jest określenie czasu lokalizacji naziemnej miejsca zdarzenia. Oczywiście zależy to od

dokładności wyznaczenia orbity oraz od propagacji błędów tegoż wyznaczenia. Wymieniane prace dobrze wpisują się w nurt tych aktualnych badań.

Moim zdaniem najważniejsze wyniki są zawarte w pracach H4A i H4D. W pierwszej z nich wyznaczono rozkłady mas rodzin planetoid uwzględniając również małe masy niezobserwowanych członków tych rodzin. We drugiej pracy H4D obliczono średnice członków pięciu rodzin planetoid: Westa, Eos, Eunomia, Koronis i Themis.

W tak licznych cyklach prac, są oczywiście mniej i bardziej wartościowe, ale wszystkie z nich spełniły standardy uznanych czasopism naukowych. W kilku z ocenianych prac zabrakło mi trochę szerszego spojrzenia na badany problem. Dotyczy to badania czasów stabilności i czasów Lapunowa.

Podsumowując: oceniam, że pod względem merytorycznym przedstawiony cykl spełnia w dostatecznym stopniu stawiane wymagania.

Swoją współpracę z innymi ośrodkami i współpracę międzynarodową dr Włodarczyk udokumentował licznymi publikacjami ze współautorami z innych ośrodków.

Dr Włodarczyk przedstawił również dokumentację swojej imponującej działalności dydaktyczno-popularyzatorskiej.

Podsumowanie końcowe.

Stwierdzam, że przedstawiony cykl prac „Wybrane metody obliczeń orbitalnych w przewidywaniu ruchu planetoid i komet” stanowi znaczący wkład w rozwój badań dynamiki małych ciał Układu Słonecznego. Spełnia on formalne i merytoryczne wymagania ustawowe dotyczące rozprawy habilitacyjnej. Dlatego też wnioskuję o dopuszczenie dra Ireneusza Włodarczyka do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego.

Andrzej J. Maciejewski