



Toruń, 12. lipca 2019 r.

prof. dr hab. Krzysztof Goździewski  
Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika  
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
ul. Grudziądzka 5, PL-87-100 Toruń

## Ocena osiągnięcia naukowego

*Modelowanie kształtu i parametrów asteroid w oparciu o dane fotometryczne*  
oraz dorobku zawodowego w postępowaniu habilitacyjnym dra Przemysława Bartczaka

### FORMALNE ASPEKTY OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Osiągnięcie naukowe dra Przemysława Bartczaka zawiera się w pięciu artykułach opublikowanych w *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS). Jest to pismo wśród najwyższej cenionych periodyków w środowisku astronomicznym z *Impact Factor* (IF) ok. 5. Trzy pierwsze chronologicznie artykuły są sygnowane przez pięciu (H1), czterech (H2) i piętnastu (H3) autorów; dwie ostatnie prace z 2018 i 2019 roku są dwuautorskie. W czterech pracach (H2, H3, H4, H5) dr Bartczak jest pierwszym i korespondencyjnym autorem, w pracy H1 jest autorem drugim, przy złamanej kolejności alfabetycznej. Deklarowany przez dra Bartczaka udział własny w tych pracach to odpowiednio 40% w artykule H1 oraz 60% w artykułach H2–H5.

Lektura oświadczeń współautorów prac H1–H5 pozwala wysnuć konkluzję, że tak deklarowany udział dra Bartczaka ma charakter dominujący, z wyjątkiem artykułu H1. Z oświadczeń tych wynika, że współautorzy wyrażają zgodę na wykorzystanie wskazanych artykułów we wniosku o stopień doktora habilitowanego. Kontrybucja tych współautorów polegała na ogół na zaplanowaniu i przeprowadzeniu obserwacji, dyskusji wyników i przygotowaniu prac do publikacji. Wkład do projektowania metody inwersji krzywych blasku, pewne jej elementy i testy wprowadzili na różnych etapach głównie Alberto Cellino, Grzegorz Dudziński i Toni Santana-Ros.

Według reprezentatywnej dla astronomii bazy danych bibliograficznych *Astrophysics Data System* (ADS), pięć artykułów H1–H5 zgłoszonych do wniosku habilitacyjnego cytowano około 30 razy, przy czym największą ilość cytowań (16) ma praca H1. Są to obiektywnie niskie wartości, ale należy przy tym uwzględnić, że dwa najnowsze artykuły przedstawiające metodę SAGE i jej wyniki w zamkniętej postaci (H4 i H5) zostały opublikowane niedawno (w 2018 i 2019 roku).

W podsumowaniu tej części opinii można stwierdzić, że cykl prac recenzowanych H1–H5 z indeksu JCR, przedłożony przez dra Bartczaka jako osiągnięcie naukowe, opublikowano w latach 2015–2019 (po doktoracie w 2005 roku) i całościowo zawiera jego wiodący wkład merytoryczny i techniczny (w sensie przygotowania i przeprowadzenia obliczeń oraz opracowania publikacji).

Osiągnięcie naukowe dra Przemysła Bartczaka dotyczy modelowania kształtu asteroid oraz ich stanu rotacji, tj. okresu i orientacji osi obrotu. Uzyskane modele topografii, po odpowiednim skalowaniu, pozwalają na wyznaczenie podstawowych parametrów fizycznych, jak objętość, masa i momenty bezwładności. Te informacje z kolei stanowią warunki brzegowe dla analizy orbit w układach podwójnych i wielokrotnych asteroid, projektowania misji kosmicznych, badań orbitalnej ewolucji wiekowej z uwzględnieniem efektów Jarkowskiego i YORP, w tym niewielkich asteroid NEA (*Near Earth Asteroids*), które zagrażają Ziemi na skutek potencjalnie kolizyjnych orbit.

Asteroidy stanowią niezwykle składnik Układu Słonecznego, ponieważ zawierają pierwotną materię mgławicy słonecznej. Ich populacja jest różnorodna pod wieloma względami: kształtu (od kulistych do bardzo nieregularnych) i rozmiarów (od umownie kilku metrów do 1000 km), gęstości ( $0.5\text{--}5\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) oraz morfologii, składu chemicznego powierzchni i struktury wewnętrznej. Od 1992 roku odkrywamy układy podwójne i wielokrotne. Analiza globalnej populacji planetek pomaga zrozumieć wczesne etapy tworzenia się i późniejszej ewolucji całego systemu planetarnego. Badania te cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem, zwłaszcza w kontekście odkrycia pozasłonecznych układów planetarnych. Stąd też rośnie strumień danych obserwacyjnych, w szczególności wykonywanych fotometrycznie z Ziemi, a obecnie także przez misję Europejskiej Agencji Kosmicznej GAIA. Przewidywana baza danych fotometrycznych GAIA może obejmować ok. 300,000 obiektów z jasnościami  $V$  do  $18^m$  (Santana-Ros, A&A 2015) w interwale 5–10 lat. Misja ta dostarcza też pomiary astrometryczne, które umożliwią masowe wyznaczenie precyzyjnych efemeryd asteroid. Dokładne efemerydy są potrzebne do przewidywania zaćmień gwiazd i obserwacji metodą chronometrażu okultacji, użytecznych dla określenia kształtu i rozmiarów asteroid, dostępną i atrakcyjną nawet dla doświadczonych miłośników astronomii (np. *International Occultation Timing Association*, IOTA).

Wyznaczanie parametrów geometrycznych, fizycznych i orbitalnych asteroid stanowi problem ważny i aktualny, ale w skali setek tysięcy obiektów jedynie nieliczne obserwowano bezpośrednio, przez misje kosmiczne lub z pomocą obrazowania (*Adaptive Optics*, AO). Ze względu na to, że informację o parametrach geometrycznych, takich jak kształt, niosą zwykle tylko jednowymiarowe, nieregularnie próbkowane i niejednorodne w sensie precyzji obserwacje fotometryczne (szeregi czasowe), mamy do czynienia ze skomplikowanym, wieloparametrowym zagadnieniem odwrotnym.

Prace składające się na osiągnięcie naukowe dra Bartczaka w ramach jego postępowania habilitacyjnego mają na celu zbadanie, czy i do jakiego stopnia metoda inwersji krzywych blasku pozwala na jednoznaczne odtworzenie kształtu badanych obiektów tylko na podstawie obserwacji fotometrycznych (H1), opracowanie adekwatnego opisu matematycznego (funkcji celu) i metody optymalizacji parametrów topografii „niewypukłej” i stanu rotacyjnego, włączając asteroidy wielokrotne i modelowanie wybranych obiektów (głównie prace H2, H3 i H4) oraz określenia formalnych niepewności parametrów kształtu i rotacji dla tych modeli (H5).

W autoreferacie zauważono, że metoda inwersji krzywych blasku asteroid ma długą historię, sięgającą początku ubiegłego stulecia (Russel, AJ 1906), którą rozwijano równoległe z udoskonalaniem technik obserwacyjnych i numerycznych. We wczesnych pracach skupiano się na analizie modeli elipsoid trójosiowych (Magnusson i in., *Asteroids II* 1989; Michałowski, *Icarus* 1993), wprowadzono dyskretyzację powierzchni i praw odbicia światła (np. Kartunnen i Bowell, A&A 1989) i w konsekwencji metodę tzw. inwersji wypukłej w różnych wariantach (Kaasalainen i Torppa, *Icarus* 2001; Carry i in. P&SS 2010), umożliwiającą odtworzenie parametrów kształtu i rotacji (określanych w autoreferacie i dalej skrótem PKR). Ze względu na degeneracje (niejednoznaczności parametrów) implikowane przez ograniczenie wprowadzane przez jednowymiarowe fotometryczne szeregi czasowe, opracowano dedykowane metody i kody do odtwarzania kształtu, np. SHAPE (Hudson i in., *Icarus* 2000), KOALA (Carry i in., P&SS 2012), ADAM (Viinkoski i in., A&A 2015), wykorzystujące dodatkowe obserwacje (np. radarowe, wykonane metodą optyki adaptacyjnej, chronometrażu

okultacji). Elementem rozwoju metody optymalizacji w aspekcie czysto numerycznym było użycie algorytmów genetycznych (Cellino i in., Adv. Sp. Research 2006; A&A 2009), w szczególności do rzadko próbkowanych obserwacji fotometrycznych z misji astrometrycznej HIPPARCOS.

Przytoczenie skróconego przeglądu metod inwersji fotometrycznej jest konieczne jako tło dla podejścia rozwiniętego przez dra Bartczaka. W ogólnych zarysach problem jest znany, zdefiniowany od dawna i w różny sposób rozwiązywany, zarówno od strony obserwacyjnej (fotometria), jak i optymalizacyjnej (algorytmy genetyczne) — oba te aspekty mają swoje odbicie w akronimie metody SAGE (*Shaping Asteroids with Genetic Evolution*). Dr Bartczak wprowadził jednak do tego zagadnienia nowe spojrzenie i znaczące uogólnienia o charakterze jakościowym, a także numerycznym.

Na podstawie autoreferatu i przeglądu publikacji można odnieść wrażenie, że uwagę dra Bartczaka na problem inwersji krzywych blasku skierował udział w przygotowaniu pracy H1, ale została ona opublikowana *później* niż praca H2. Być może było to skutkiem przedłużania się projektu polegającego na masowym odtworzeniu parametrów kształtu i rotacji 10,000 symulowanych krzywych blasku asteroid, w warunkach fotometrycznych i z dokładnością wspomnianej już misji GAIA. W pracach Cellino i in. (Adv. Space Research 2006 oraz A&A 2009) pojawia się zapowiedź takiego projektu. Można domniemywać, że został on ostatecznie zrealizowany dopiero z udziałem dra Bartczaka. Niezbyt optymistycznym wnioskiem artykułu H1, rzutuującym na wszystkie metody inwersji krzywych blasku jest konstatacja, że wyniki modelowania obarczone są wpływem względnej geometrii orbitalnej, kierunkiem osi obrotu, kształtem ciała i jakością fotometrii. Jest jasne, że metoda ta wymaga weryfikacji poprzez dowiązanie modelu do innych obserwacji lub włączenie ich do niego. Może to usunąć degeneracje parametrów zależne od fotometrii, przynajmniej w pewnych przypadkach, o ile obserwacje zmian jasności nie są dostatecznie dokładne, liczne i odpowiednio rozłożone w czasie.

Sądzę, że pierwszy w pełni oryginalny wynik to metoda odwracania krzywych blasku asteroid podwójnych, bez założenia kształtu wypukłego, sformułowana w pracy H2 do analizy obserwacji fotometrycznych asteroidy podwójnej 90 Antiope (Merline i in., 2000) i określenia parametrów orbitalnych i PKR składników. Uzyskany model jest spektakularny. Zgadza się zarówno z obserwacjami AO (Keck I/II), jak i wynikami kampanii chronometrażu okultacji IOTA (2011). Praca H2 dowodzi, że metoda inwersji jest wewnętrznie spójna i można z jej pomocą odtworzyć nawet bardzo nieregularny kształt składników planetoidy podwójnej tylko na podstawie obserwacji fotometrycznych.

Wydaje mi się, że praca H2 zawiera niemal wszystkie, kluczowe elementy podejścia, rozwijanego dalej w pracach H4 (poświęconej asteroidom swobodnym) i H5 (poświęconej szacowaniu niepewności parametrów): dyskretyzację topografii za pomocą wielościanów bez zakładania wypukłości i jej interpolację (wygładzenie), użycie kart graficznych i efektywnej obliczeniowo technologii GPU do tworzenia syntetycznych krzywych blasku z uwzględnieniem efektów propagacji światła, zaćmień, pociemnienia brzegowego; włączenie geometrii i dynamiki ruchu względnego składników oraz orbit heliocentrycznych asteroidy i obserwatora. Jest oczywiste, że tak zdefiniowany problem optymalizacyjny jest złożony. Wymaga on uwzględnienia kilku różnych aspektów teoretycznych i obserwacyjnych (geometrii, optyki, fotometrii, mechaniki ruchu obrotowego bryły i ruchu orbitalnego) dla skonstruowania skomplikowanej, niegradientowej funkcji celu, jak i efektywnej obliczeniowo metody jej realizacji numerycznej i odwrócenia (zrealizowanej jako algorytm genetyczny).

Praca H3 zawiera oryginalne wyniki analizy PKR asteroidy 809 Lundia, której podwójność wykryła grupa poznańska (Kryszczyńska i in., A&A 2005). W artykule tym uzyskano szczegółową topografię oraz poprawiono wcześniej uzyskane parametry orientacji i okresu orbitalnego. Udało się także wyznaczyć gęstość składników dzięki skalowaniu modelu topografii poprzez obserwacje sondy SPITZER. Praca H3 demonstruje zarówno skuteczność metody SAGE, jak i umiejętność współpracy dra Bartczaka z dużym zespołem (14 współpracowników). Również wyniki tego artykułu nawiązują do spodziewanych wyników misji GAIA — aby zweryfikować wyniki modelowania niewielkich składników (ok. 10 razy mniejszych niż 90 Antiope, trudnych dla techniki AO) być może uda się je porównać np. z chronometrażem okultacji, podobnie, jak w przypadku 90 Antiope.

Praca H4 poświęcona jest sformułowaniu zagadnienia inwersji niewypukłej dla asteroid pojedynczych wraz z opisem algorytmu syntetycznych krzywych blasku i szczegółom modelowania. Opisano wyniki obliczeń i testów dla kilku obiektów symulowanych oraz dla rzeczywistych asteroid (9 Metis, 433 Eros, 89 Julia), dla których dostępne są inne dane (chronometrażowe, obserwacje bezpośrednie przez sondy kosmiczne), umożliwiające porównanie wyników kodu SAGE z opracowaniami literaturowymi. Uzasadniają one, że metoda SAGE jest użyteczna dla analizy PKR asteroid swobodnych.

Prace H2 oraz H4 i H5, które są poświęcone udoskonaleniom i dostosowaniu metody inwersji w pracy H2 dla asteroid pojedynczych, dokumentują uniwersalne sformułowanie zagadnienia inwersji krzywych blasku dla dowolnej topografii, jak też skuteczne podejście numeryczne dla jego realizacji. Istotny jest fakt, że dr Bartczak jest dobrze obeznany z techniką obliczeniową od strony programistycznej (kody, nowe technologie obliczeniowe) oraz sprzętowej — projektowaniem i budową dużych klastrów komputerowych. Z własnego doświadczenia wiem, że takie techniczne aspekty działalności zawodowej są zwykle marginalizowane, choć zabierają mnóstwo czasu i energii, zapewniając jednak niezbędne narzędzia i środki dla osiągnięcia właściwych celów *stricte* naukowych.

Ostatnia praca H5 może stanowić zarówno podsumowanie projektu na etapie wykorzystania wyłącznie obserwacji fotometrycznych, jak i niezbędne wyposażenie metody SAGE w ocenę niepewności PKR, a w konsekwencji objętości i masy. Nie ulega wątpliwości, że przy niejednoznacznościach sygnalizowanych w pracy H1, szacowanie niepewności PKR i parametrów pochodnych jest jeszcze trudniejszym zadaniem. W pracy H5 rozwiązano je w oparciu o metodę klonowania modelu bazowego (nominalnego) i obliczenie rozkładu parametrów dla akceptowalnych statystycznie zaburzonych kopii tego modelu. Należało przy tym uwzględnić jasności absolutne, na podstawie fotometrycznych przeglądów nieba, w celu redukcji wpływu spłaszczenia wzdłuż osi obrotu na niepewność objętości (cytując autoreferat). Taką metodą oceny niepewności PKR zastosowano do kilku rzeczywistych obiektów. Szacowanie niepewności oparte o technikę klonowania jest znane np. dla obliczenia rozkładu parametrów orbitalnych asteroid zbliżających się do Ziemi i prawdopodobieństwa zderzenia lub orbit pierwotnych komet i rojów meteoroidowych, ale metoda zaproponowana w pracy H5 dla zagadnienia inwersji fotometrycznej jest oryginalna i nowa w literaturze. Nie jest zaskoczeniem, że wymaga ona bardzo dużej mocy obliczeniowej, więc w tym projekcie również okazały się istotne szeroko rozumiane umiejętności komputerowe dra Bartczaka.

W podsumowaniu można stwierdzić, że artykuły H1–H5, przedstawione jako osiągnięcie naukowe, stanowią monotematyczny cykl prac z indeksu JCR, poświęconych analizie dobrze zdefiniowanego, aktualnego i oryginalnego problemu astrofizycznego. Wartościowym wynikiem tych prac jest ogólna metoda inwersji obserwacji fotometrycznych, umożliwiająca odtworzenie realistycznej topografii planetek pojedynczych i podwójnych (bez zakładania kształtu wypukłego), a także ich stanu rotacji (okresu obrotu i orientacji osi rotacji w przestrzeni). Pomaga to wyznaczyć objętość i masę wybranych asteroid. Dane te uzyskano dla kilkunastu rzeczywistych obiektów, w tym rzadkich asteroid podwójnych. Dzięki nim można analizować ewolucję orbitalną i fizyczną wybranych obiektów Pasa Głównego i NEA, np. poprzez precyzyjne uwzględnienie efektów Jarkowskiego/YORP. Metoda SAGE sformułowana dla obserwacji fotometrycznych może być zastosowana także do danych pochodzących z innych technik obserwacyjnych: radarowej, bezpośredniego obrazowania, chronometrażu okultacji oraz ich połączenia z fotometrią. Wydaje się, że wówczas osiągnie swój pełny potencjał.

#### DOROBEK NAUKOWO-BADAWCZY I WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

Praktycznie cały dorobek publikacyjny dra Bartczaka datuje się po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w 2005 roku. Lista publikacji według bibliograficznej bazy ADS zawiera ok. 90 pozycji, wśród których jest 40 prac traktowanych jako recenzowane. Całkowita liczba cytowań w/g bazy ADS w tej chwili wynosi 380 (340 bez autocytowań) z indeksem Hirscha równym 11. Są to wskaźniki nieco wyższe, niż podano w autoreferacie za bazą bibliograficzną Web of Science – odpowiednio ok.

270 cytowań i indeks Hirscha 10, ale w bazie Web of Science nie ma wielu publikacji wykazanych w ADS. Taki indeks Hirscha należy do dolnego zakresu dla astronomów na podobnym etapie kariery.

Autoreferat wymienia 26 publikacji recenzowanych (z wyłączeniem artykułów H1-H5), indeksowanych przez *Journal Citation Reports* (JCR) z sumarycznym IF ok. 130. Habilitant ocenia swój udział na 10% i więcej w około połowie tych publikacji oraz w większości wśród 42 artykułów spoza listy JCR, wymienionych w autoreferacie. Tylko w kilku pracach z indeksu JCR osiąga on 30% lub więcej. Odsetek pozostałych artykułów z kontrybucją rzędu 30% i powyżej jest istotnie większy. Prace dra Bartczaka są na ogół wieloautorskie, co odzwierciedla znormalizowana ilość publikacji, którą ADS podaje jako ok. 7. Znaczna część publikacji ma charakter doniesień konferencyjnych i opracowań naukowo-technicznych oraz kontrybucji do publikowanych baz danych.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe uwarunkowania wydaje mi się, że wskaźniki bibliograficzne dra Bartczaka są dobre i efektywnie podobne do wykazywanych w innych postępowaniach habilitacyjnych w dziedzinie astronomii, które miałem okazję aktywnie obserwować od 2005 roku.

Zainteresowania naukowo-badawcze dra Bartczaka są różnorodne. Jednym z ich wątków jest mechanika nieba. Dr Bartczak uzyskał interesujące wyniki w teorii i reprezentacji potencjału grawitacyjnego nieregularnych obiektów. Takim rezultatem jest np. jakościowy model segmentu liniowego i jego warianty. Zostały one użyte do modelowania kształtu i ruchu orbitalnego, a także do analizy stabilności za pomocą szybkich indykatorów niektórych asteroid podwójnych (90 Antiope). Dr Bartczak uczestniczył w badaniach orbitalnych i sformułowaniu kryteriów klasyfikacji rojów meteoroidowych, a także w symulacjach i analizie efektu YORP.

Wątkiem związanym ze specjalizacją naukową jest udział w projektach obserwacji asteroid metodą chronometrażu okultacji, optyki adaptacyjnej (w zespole realizującym program obserwacyjny na teleskopie VLT ESO) z wykorzystaniem instrumentu SPHERE oraz metodą radarową. Wariant metody SAGE został zastosowany do niezależnej analizy połączonych danych dla wybranych obiektów, w tym do modelowania niezwykłej asteroidy 1996HW1.

Dr Bartczak czynnie uczestniczył w dużych projektach instrumentalnych: poznańskiego teleskopu PST1, modernizacji programistycznej dalmierza laserowego w Borowcu oraz nadal bierze udział w budowie i uruchomieniu 4-metrowego teleskopu z ciekłym lustrem (ILMT), we współpracy z badaczami Uniwersytetu Liège w Belgii. Jest koordynatorem tego przedsięwzięcia w Polsce. Zbudował w macierzystej jednostce i utrzymuje w działaniu klaster komputerowy z wydajnymi kartami graficznymi, wykorzystywany do intensywnych obliczeń.

Istotnym wątkiem działalności naukowo-technicznej i badawczej (czasami trudno o jednoznaczną klasyfikację) są projekty programistyczne poświęcone analizie i redukcji obserwacji asteroid i innych obiektów astrofizycznych, a także tzw. śmieci kosmicznych. W szczególności jest to opracowanie narzędzi programistycznych i baz danych dla śledzenia i wykrywania asteroid zagrażających Ziemi, we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną i firmami zewnętrznymi oraz w ramach działalności na rzecz macierzystego Instytutu Obserwatorium Astronomiczne UAM. W kilku takich projektach dr Bartczak udzielał się w charakterze inżyniera i naukowca-programisty. Obecnie uczestniczy w projekcie gridowym ESA na rzecz misji GAIA, którego celem jest udostępnienie części jej bazy danych.

Dr Bartczak odbył około 10 krótkotrwałych staży naukowych i wyjazdów szkoleniowych, w tym na Uniwersytecie w Liège (Belgia), w SETI Institute (USA) oraz ESTEC ESA (Holandia). Brał aktywny udział w ok. 25 międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Godny podkreślenia jest fakt, że w większości przypadków udział dr Bartczaka był nadzwyczajnie aktywny, poprzez prezentację 2-3 plakatów lub plakatów i wystąpienia lub wystąpień ustnych jednocześnie.

Dr Bartczak był kierownikiem lub głównym wykonawcą siedmiu grantów międzynarodowych i grantów Ministerstwa Nauki i Edukacji. Wśród nich jest grant międzynarodowy HORIZON 2020 UE *Small Bodies: Near and Far*, w którym występował jako koordynator panelu badawczego. Ma też sformalizowany udział w kilku projektach międzynarodowych (kodowanych w autoreferacie jako

ESA PANOPTES, GAIA-COSA, NEO-DCS, NOAS, SANORDA) oraz w konsorcjach międzynarodowych w ramach tych projektów, takich jak wspomniany 4M International Liquid Telescope, ESO/VLT/SPHERE, HORIZON 2020, Gaia Research for European Astronomy Training (ITN).

W latach 2010, 2016, 2018 dr Bartczak uzyskał Nagrody Zespołowe Rektora UAM. Legitymuje się wyróżnieniem Międzynarodowej Unii Astronomicznej, która w uznaniu zasług i osiągnięć w modelowaniu i badaniach obserwacyjnych asteroid nadała nazwę (10470) Bartczak (1981 EW18) obiektowi Pasa Głównego, odkrytego w 1981 roku.

W podsumowaniu można stwierdzić, że sumaryczny dorobek naukowo-badawczy, zarysowany powyżej w oparciu o informacje ogólnodostępne i podane w autoreferacie, jest bogaty i znaczący oraz globalnie rozpoznawalny. Świadczy o tym względnie duża ilość artykułów naukowych, doniesień konferencyjnych i raportów. Publikacje te dokumentują szerokie zainteresowania naukowo-badawcze, obserwacyjne i instrumentalne oraz rozległą współpracę międzynarodową o charakterze naukowym i technicznym. Warto też podkreślić intensywną współpracę z grupą naukową jednostki macierzystej.

#### DOROBEK DYDAKTYCZNY I POPULARYZATORSKI

Dr Bartczak prowadził różnorodne uniwersyteckie zajęcia dydaktyczne, w tym wykłady kursowe na kierunkach astronomicznych, geograficznych i fizycznych, ćwiczenia i pracownie o charakterze informatycznym i seminaria dyplomowe. Opiekował się pięcioma pracami magisterskimi. Pełnił lub pełni dwukrotnie rolę promotora pomocniczego w przewodach doktorskich, co uważam za bardzo dobrą rekomendację dla nauczyciela akademickiego przed habilitacją.

Z uniwersytecką działalnością dydaktyczną wiąże się bogata aktywność popularyzatorska: około 10 wykładów otwartych od 2010 roku, spotkania edukacyjne z młodzieżą, wykłady dla grup odwiedzających Obserwatorium Astronomiczne UAM oraz opieka nad Kołem Miłośników Astronomii.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty działalności dydaktycznej i popularyzatorskiej można stwierdzić, że dr Bartczak osiągnął w tych obszarach znaczący i różnorodny dorobek, co najmniej adekwatny do aktualnego etapu kariery zawodowej.

#### PODSUMOWANIE ORAZ OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO I DOROBKU ZAWODOWEGO

Opracowanie metody inwersji niewypukłej krzywych blasku asteroid (SAGE) oraz jej zastosowanie do modelowania kształtu i parametrów ruchu obrotowego małych ciał Układu Słonecznego (asteroid), przedstawione przez dra Przemysława Bartczaka jako osiągnięcie naukowe w monotematycznym cyklu pięciu artykułów recenzowanych, indeksowanych w *Journal Citation Reports*, spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Moja ocena osiągnięcia naukowego oraz całokształtu dorobku zawodowego (naukowo-badawczego, dydaktycznego, popularyzatorskiego i w zakresie współpracy międzynarodowej) dra Bartczaka jest jednoznacznie pozytywna. Jest on w pełni ukształtowanym, samodzielnym i aktywnym naukowcem, rozpoznawalnym w astronomicznym środowisku międzynarodowym, cenionym przez licznych współpracowników zagranicznych i krajowych.

W świetle Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z 2003 r. z późniejszymi zmianami w Dzienniku Ustaw z 2017 roku oraz zgodnie z kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 2011 roku (D. U. Nr 196), wniosek dra Przemysława Bartczaka jest bardzo dobrze uzasadniony i wnoszę o nadanie mu dalszego biegu.

