

Recenzja rozprawy habilitacyjnej p.t. *Fotometryczny przegląd bardzo małych planetoid bliskich Ziemi* przedstawionej przez dr Tomasza Kwiatkowskiego

1. Zawartość rozprawy

W skład rozprawy wchodzi pięć prac opublikowanych w renomowanym piśmie z "listy filadelfijskiej" *Astronomy and Astrophysics*. Prace te ukazały się w latach 2007-2010. Cztery z nich są wielo-autorskie przy czym dr Kwiatkowski występuje jak pierwszy autor. Z dołączonych oświadczeń wynika, że kolejność ta odzwierciedla rzeczywisty wkład w realizację opisanych w pracach badań. Trzy prace są rezultatem dużego projektu obserwacyjnego zaproponowanego i prowadzonego na teleskopie SALT przez dr Kwiatkowskiego i współpracowników w latach 2007-2008. O jego wiodącej i kluczowej dla realizacji projektu roli wiem m.in. na podstawie kontaktów z dr D. Buckley'em kierującym eksploatacją teleskopu.

Tematyka rozprawy dotyczy wyznaczenia okresów rotacji oraz, w mniejszym zakresie, kształtu małych planetoid z klasy NEA (ang. Near-Earth Asteroids). Są to obiekty o orbitach na tyle ciasnych, że w perihelium ich odległość od Słońca jest mniejsza niż 1.3 jednostki astronomicznej. W sprzyjających warunkach pozwala to pomimo ich względnie małych rozmiarów (od kilku metrów do kilku kilometrów) na prowadzenie obserwacji teleskopami naziemnymi.

Praca P1 jako jedyna w cyklu dotyczy pojedynczego obiektu, planetoidy RZ164. Materiał obserwacyjny w postaci fotometrii otrzymany został przez 5 grup w trakcie opozycji mającej miejsce w końcu roku 2004. Aczkolwiek nie jest to wprost podane w pracy to wydaje się, że obserwacje prowadzone były niezależnie bez wcześniejszej koordynacji. Zebrany materiał jest niejednorodny (różne filtry i czasy ekspozycji) co wymagało dodatkowego wysiłku przy jego opracowaniu. Ponieważ obserwacje zostały zebrane w wąskim zakresie fazy (mierzonej na orbicie względem Słońca) to możliwe było jedynie wyznaczenie okresu rotacji planetki wynoszącego 2.6h. Niewielka amplituda zmian blasku, ok. 10%, wskazuje na zbliżony do sferycznego kształt obiektu. Ponadto zaobserwowano jeden epizod spadku blasku spowodowany najprawdopodobniej przez zaćmienie co wskazuje na podwójność planetoidy. Potwierdzenie podwójności RZ164 wymaga jednak, moim zdaniem, dalszych obserwacji.

Praca P2 dotyczy fotometrii planetki RH120, która przez ponad rok znajdowała się wewnątrz sfery Hill'a Ziemi czyli w popularnym ujęciu mogła być uważana za "chwilowy" księżyc naszej planety. Przy rozmiarze szacowanym przez autorów na 2-7 m, planetka należy do kilka najmniejszych zarejestrowanych dotychczas. Jej niewielki rozmiar w połączeniu ze skrajnie krótkim okresem rotacji oznaczały, że szanse na otrzymanie użytecznych danych daje tylko użycie największych dostępnych teleskopów. Autorzy otrzymali obserwacje przy pomocy 10-m teleskopu SALT. Cztery ok 1 godzinne ciągi obserwacji z ekspozycjami trwającymi 7-10s uzyskano w okresie 11-17 marca 2007. Ze względu na specyfikę teleskopu (patrz Punkt 3 poniżej) jak i szybki ruch planetki na niebie redukcja danych wymagała użycia niestandardowych i czasochłonnych metod. Mimo względnie dużych 10% błędów fotometrii, duża amplituda zmian blasku pozwoliła na wyznaczenie okresu rotacji planetki. Otrzymano wartość 1.375 min lub 2.750 min. Niestety dostępne dane nie pozwalają na jednoznaczne określenie okresu ale i tak jego wartość należy do najkrótszych znanych dla planetoid. W momencie składania

publikacji do druku RH120 była najmniejszą planetką dla której udało się zaobserwować modulację blasku powodowaną przez rotację. Autorzy rozważyli kilka hipotez dotyczących pochodzenia planetki i sposobu w jaki znalazła się ona na orbicie gniazi-okołoziemskiej. Odrzucono w szczególności wyrzut z powierzchni Księżyca spowodowany przez kolizję. Za prawdopodobne uznano wychwyty poprzedzony utratą energii kinetycznej w trakcie przelotu przez górne warstwy atmosfery Ziemi. Ciekaw jestem dlaczego nie podjęto próby policzenia "wstecz" orbity obiektu aby sprawdzić czy faktycznie mogła ona zachaczyć o atmosferę Ziemi.

Nie jest to oczywiście zarzut merytoryczny ale szkoda, że nie podjęto w właściwym czasie próby zaprezentowania tych wyników szerszej publiczności.

Prace P3 oraz P5 stanowią najważniejszy fragment rozprawy. Przedstawiono w nich krzywe blasku oraz wyznaczenia okresów rotacji dla 25 małych planetoid typu NEA. Dane fotometryczne uzyskano przy pomocy teleskopu SALT. W pracy P3 podano okresy rotacji z zakresu 77s-44min dla 14 obiektów o rozmiarach szacowanych na 21-94m. Praca P5 podaje okresy dla 11 dalszych obiektów oraz zawiera listę obserwowanych planetoid dla których nie udało się wyznaczyć okresu rotacji. Praca P5 zawiera ponadto obszerną i ciekawą dyskusję otrzymanych wyników. Moim zdaniem błędy podanych okresów rotacji są w co najmniej kilku przypadkach zaniżone. W swojej analizie autorzy używają formalnych błędów wsp dopasowania opartego o szereg Fouriera zawierający 4 harmoniki. Procedura taka może prowadzić do zaniżania błędów jako, że nie uwzględnia ona korelacji pomiędzy parametrami. Dodatkowym źródłem niepewności jest procedura arbitralnego "przesówania w jasności" krzywych uzyskanych dla danego obiektu w trakcie niezależnych sesji/nocy. W pracy P3 brakuje w Referencjach publikacji Warner et al. (2009) cytowanej w tekście.

Praca P4 jest jedno-autorska i dotyczy analizy możliwości zaobserwowania efektu YORP dla NEA dla obiektów z prac P3 i P5. Okazuje się, że detekcja zmiany okresu rotacji powinna być możliwa dla 2 obiektów, które pojawią się w pobliżu Ziemi w ciągu najbliższych 20 lat. Ponadto dla tych 2 oraz dla 2 innych planetoid nowe obserwacje pozwolą na wyznaczenie ich kształtu.

2. Wartość naukowa rozprawy

Przedstawiony cykl 5 publikacji stanowi znaczący wkład w badania planetoid typu NEA. Wyznaczone zostały okresy rotacji 25 skrajnie małych obiektów z podtypu VSA (średnice poniżej 150m) co o 50% powiększyło dostępną próbkę. Badania takie są istotne dla zrozumienia mechanizmu tworzenia małych planetoid oraz poznania ich budowy wewnętrznej. Nieciągłość rozkładu obserwowana na diagramie średnica-okres wskazuje, że obiekty o średnicach poniżej 150m są monolityczne i mogą rotować z okresami rzędu minuty. Obiekty rotujące najszybciej pozwalają na ocenę spójności tworzącego je materiału. Z kolei planetoidy o rozmiarach powyżej 150m mają zazwyczaj okresy dłuższe niż 2h i są najprawdopodobniej nie-monolityczne. Rozkład okresów NEA wymaga lepszego poznania ze względu na efekty selekcji obserwacyjnej oraz małą liczebność dostępnej próbki. Dotyczy to zwłaszcza obiektów małych, które jednocześnie są najtrudniejsze do obserwacji. Przedstawione w rozprawie wyniki są oparte o obszerny materiał obserwacyjny otrzymany 10-m teleskopem SALT. Dr Kwiatkowski wykorzystał w znakomity sposób okres przejściowy w którym SALT nie mógł prowadzić obserwacji spektroskopowych do których jest głównie przeznaczony. Warto podkreślić jego umiejętność przekonania do projektu członków zespołu naukowego SALT. Ze względu na czasowo niepełną funkcjonalność teleskopu konieczne było opracowanie optymalnej metody redukcji danych, która pozwoliła na osiągnięcie założonych celów naukowych.

Przystawione prace prezentują wysoki poziom. Zarówno części wstępne jak i dyskusja wyników świadczą o dużej wiedzy kandydata. Materiał obserwacyjny oraz metody redukcji i analizy są opisane klarownie. Otrzymane wyniki mają dużą wartość naukową.

3. Ocena dorobku kandydata po doktoracie

Dr Kwiatkowski jest współ-autorem 35 recenzowanych prac z których 33 powstały po doktoracie. Ponadto opublikował po doktoracie 18 prac nierecenzowanych.

Prace recenzowane były dotychczas cytowane 232 razy (wg SAO/NASA ADS). Jest to wynik przyzwoity jak na astronoma polskiego ubiegającego się o habilitację. Tematyka badań skupiona była głównie na fotometrii planetoid mającej na celu wyznaczenie ich kształtu, położenia osi rotacji oraz okresu obrotu. Nie ma wątpliwości, że w uprawianej przez siebie dziedzinie dr Kwiatkowski jest wysokiej klasy ekspertem dobrze znanym społeczności międzynarodowej. Lista autorów publikacji zawiera szereg osób z zagranicy co dobrze świadczy o umiejętności nawiązywania i prowadzenia efektywnej współpracy.

W ostatnich latach tematyka badań dr Kwiatkowskiego poszerzyła się o wyznaczenie parametrów gwiazd podwójnych oraz pulsujących. Związane to jest z zbudowaniem w OA UAM nowoczesnego spektrografu wysokiej rozdzielczości. Został on zainstalowany w Borowcu na dedykowanym i samodzielnie skonstruowanym teleskopie. Dr Kwiatkowski był jedną z 2 kluczowych osób, które w ciągu ok 7 lat doprowadziły do powstania tego instrumentu. Spektrograf jest od 2-3 lat funkcjonalny i stanowi nieoceniony narzędzie do szkolenia studentów oraz do prowadzenia projektów obserwacyjnych. Bardzo wysoko oceniam rolę dr Kwiatkowskiego w tym przedsięwzięciu instrumentalnym.

Dorobek dydaktyczny kandydata jest adekwatny do jego wieku i stanowiska. Prowadził szereg wykładów kursowych i był opiekunem 7 prac magisterskich.

4. Konkluzja

W oparciu o powyższe wnoszę o dopuszczenie dr Tomasza Kwiatkowskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego. Uważam, że jego dorobek w pełni spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Jego prace opublikowane po doktoracie a w szczególności te składające się na rozprawę habilitacyjną stanowią istotny wkład w rozwój astronomi oraz astrofizyki.

Prof. dr hab. Janusz Kałużny

