

prof. dr hab. Andrzej Pigulski  
Instytut Astronomiczny  
Uniwersytetu Wrocławskiego  
ul. Kopernika 11  
51-622 Wrocław

### Ocena rozprawy doktorskiej mgra Radosława Poleskiego „Astrometry of the OGLE-III data”

Pomiary astrometryczne stanowią jedną z podstawowych technik astronomicznych. Odległości, pozycje i ruchy własne gwiazd i układów gwiazdowych, które za pomocą tej techniki się wyznacza, stanowią jedne z najbardziej fundamentalnych parametrów gwiazdowych. Ich znajomość pozwala nie tylko badać kinematykę badanych obiektów, ale ma bardzo wiele innych zastosowań astrofizycznych. Wagę astrometrii pokreśla choćby planowana misja GAIA oraz liczba prac, w których użyte zostały pomiary uzyskane przez jej poprzednika, *Hipparcosa*. W tym kontekście pomysł wykorzystania długoletnich pomiarów projektu OGLE do wyznaczenia paralaks i ruchów własnych obiektów w kierunku Obłoków Magellana i zgrubienia galaktycznego uważam za bardzo dobry i ważny projekt badawczy. Wyniki realizacji tego pomysłu stanowią podstawę przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej mgra Radosława Poleskiego.

Rozprawę stanowią dwie główne części. W pierwszej autor zajmuje się astrometrią obiektów w polach Wielkiego i Małego Obłoku Magellana (dalej odpowiednio WOM i MOM) analizując obserwacje uzyskane w trakcie realizacji trzeciej części projektu OGLE. W drugiej, analizuje obserwacje uzyskane w trakcie tego samego projektu w czterech wybranych polach w kierunku zgrubienia galaktycznego. Rozprawa zawiera wiele wartościowych wyników, z których za najważniejsze uważam:

1. Utworzenie katalogu ruchów własnych ponad 6 milionów gwiazd w kierunku WOM i MOM, a dla wielu z nich wyznaczenie paralaks. Katalog ten został wykorzystany przez autora do uzyskania całego szeregu wyników. Jest na tyle starannie przygotowany, że może stanowić podstawę do weryfikacji innych masowych katalogów ruchów własnych w tych obszarach. Sam autor ocenił już np. wiarygodność ruchów własnych z katalogów SPM4 i UCAC4 (str. 30), choć być może analiza ta powinna być uzupełniona dyskusją niepewności wyznaczeń ruchów własnych w tych katalogach.
2. Utworzenie listy 549 gwiazd z dużym ruchem własnym (zdefiniowanych jako gwiazdy z całkowitym ruchem własnym  $\mu > 100$  mas/rok). Wcześniej w kierunku Obłoków znanych było tylko około 80 obiektów tego typu. Pozwala to wyselekcjonować interesujące obiekty do dalszych badań: białe karły, podkarły, brązowe karły czy małomaszywne gwiazdy ciągu głównego.
3. Wyznaczenie absolutnego ruchu własnego WOM oraz ruchu własnego gromady kulistej 47 Tuc względem MOM.
4. Wyznaczenie średnich ruchów własnych i ich dyspersji dla bliższego i dalszego ramienia struktury w kształcie litery X w zgrubieniu galaktycznym. Przedstawione w rozprawie porównanie z modelem Besançon pokazuje, że tego typu analiza, zwłaszcza jeśli zostanie rozszerzona na więcej pól, stanowić będzie doskonały materiał do weryfikacji dynamicznych modeli Galaktyki.

Procedura uzyskania wyników, w szczególności wyznaczania paralaks i ruchów własnych jest — z małymi wyjątkami — opisana w pracy dosyć szczegółowo. Pokazuje ona, że mgr Poleski wykonał swoją pracę bardzo starannie i że zdaje sobie sprawę ze wszy-



stkich ważnych efektów, które mogą wpływać na wyniki. Nie mam też zastrzeżeń do analizy statystycznej uzyskanych wyników i niepewności. Muszę przyznać, że jestem pod wrażeniem ogromu pracy, którą wykonał autor. W wielu przypadkach, jak choćby przy analizie gwiazd z dużym ruchem własnym czy konstrukcji kryterium  $\chi^2(I)$  (Rys. 3.6) oznaczało to także wzrokową weryfikację wyników dla co najmniej kilkudziesięciu tysięcy obiektów.

Uzyskane przez autora wyniki będą mogły być także wykorzystane w przyszłych badaniach. Niektóre z nich mgr Poleski wskazał już w swojej pracy: weryfikacja spektroskopowa kandydatów na białe karły i podkarły czy podobna weryfikacja dla kandydatek na obiekty należące do struktur pływowych wyrwanych z 47 Tuc (Rozdz. 3.3.6.2). Wyniki tej pracy mogą też być w naturalny sposób rozszerzone, np. poprzez dodanie analizy danych OGLE-IV czy też OGLE-II, a także analizy pozostałych pól w kierunku zgrubienia galaktycznego w celu lepszego określenia własności kinematycznych struktury o kształcie litery X.

Pora na kilka szczegółowych uwag odnoszących się do tych miejsc w pracy kiedy miałem pewne wątpliwości co do sposobu uzyskania wyników lub interpretacji danych:

1. Nie jest dla mnie do końca jasne (Rozdz. 3.1) czy autor robił dopasowanie posługując się współrzędnymi w pikselach  $(x,y)$  czy współrzędnymi równikowymi  $(\alpha,\delta)$ . Rysunki sugerują to drugie, ale nie musiało tak być. Jak wyglądała transformacja astrometryczna ze współrzędnych  $(x,y)$  do  $(\alpha,\delta)$ ? Co ze zmianą skali obrazu związaną np. ze zmianą ogniska? Ile "dobrych" gwiazd znajdowało się typowo na liście dla danego pola?
2. Wydaje mi się dość dziwne, że w 75% przypadków nie da się dopasować modelu z paralaksą jako wolnym parametrem. W równaniach (1.1) i (1.2) paralaksa wchodzi liniowo i jej wyznaczenie to tylko jeden dodatkowy parametr (faza sinusoidy na Rys. 3.2 jest określona przez położenie Ziemi i obserwowanego pola, okres jest znany). Jak właściwie wyglądało równanie obserwacyjne, które używane było do wyznaczania parametrów? Czy jest to może efekt użycia metody SVD, skoro autor pisze o odwracaniu macierzy (str. 24)? O jakie wartości własne chodzi na str. 23 (drugi paragraf, linia 14)?
3. Gwiazdy z największą paralaksą (LMC194.6.41) i największym ruchem własnym (LMC198.4.97) należą też do najczerwieńszych. Wraz z trzema innymi (LMC 129.1.16051, 133.3.4 i 139.5.16) stanowią więc dobre kandydatki na brązowe karły albo karły najpóźniejszych typów widmowych (LTY).
4. Trudno jest ocenić kompletność (str. 29/30) przez porównanie z innym przeglądem nie wiedząc czy jest on kompletny. Na pewno kompletność przedstawionej w pracy próbki gwiazd HPM jest lepsza niż w poprzedniej analizie, skoro praktycznie wszystkie HPM z poprzedniego przeglądu zostały potwierdzone. Poza tym pozostaje kwestia zasięgu fotometrii. Bardziej przekonujące jest porównanie z modelem (str. 31/32), gdyż daje ono wartości wskazujące na bardzo wysoką (być może 100% kompletność).
5. Punkty na Rys. 3.4 powinny mieć asymetryczne błędy w jasności absolutnej. Nie przekonuje mnie wyjaśnienie czerwonych punktów na Rys. 3.5 jako gwiazd ciągu głównego położonych dalej niż te, dla których uzyskano paralaksy. Ponieważ wraz z odległością oddalamy się od płaszczyzny Galaktyki, gwiazd ciągu głównego populacji I powinno ubywać. Dochodzi też efekt selekcji obserwacyjnej związany z tym, że na Rys. 3.5 mamy tylko gwiazdy z dużymi ruchami własnymi, co powinno prowadzić do jeszcze szybszego zmniejszania się liczby takich gwiazd z odległością. Tymczasem na Rys. 3.5 czerwone punkty tworzą praktycznie niezależny ciąg. Wydaje mi się więc, że są to raczej podkarły.



6. Kilka gwiazd HPM znajduje się w polu gromady kulistej 47 Tuc i pobliskich polach, gdzie liczba gwiazd tła przewyższa lub jest porównywalna do liczby gwiazd z MOM. Ten fakt zapewne znalazł odbicie w wyznaczanych ruchach własnych, które są mierzone względem gwiazd tła. Czy zostało to uwzględnione w katalogu?

Strona redakcyjna pracy jest stosunkowo dobra, choć moim zdaniem autor chyba niepotrzebnie zdecydował się na język angielski. W niektórych miejscach nie jest on najlepszy i wydaje mi się, że praca traci przez to na precyzyjności przekazu. Sam tytuł rozprawy nie jest zbyt szczęśliwy, bo zwykle mówi się o astrometrii jakiś obiektów, a nie jakiś danych. Chyba że mowa o astrometrii przy wykorzystaniu danych lub w oparciu o dane. Przegląd historyczny (Rozdz. 1.1) jest trochę chaotyczny. Np. wspomnienie odkrycia przesunięcia bieguna niebieskiego przez Hipparcha po dwóch zdaniach na temat ruchów własnych jest niezręczne, bo sugeruje, że to ruchy własne a nie precesja jest za to odpowiedzialna. O układzie potrójnym, w którego skład wchodzi  $\alpha$  Cen A,  $\alpha$  Cen B i Proxima Centauri =  $\alpha$  Cen C pisze się raczej jako o układzie  $\alpha$  Cen, a nie układzie Proxima Centauri (str. 3).

W niektórych miejscach brakowało mi trochę rysunków ilustrujących omawiane tezy. Nie ma np. rysunku pokazującego zależność między parametrem  $r$  (opisującym refrakcję różnicową) a wskaźnikiem barwy ( $V - I$ ). Autor pisze, że zakładał zależność liniową, ale nigdzie nie pojawia się rysunek ani dokładna postać tej zależności. Przy porównaniu paralaks z wcześniejszymi wynikami (Rozdz. 3.2.4) dobrze byłoby zrobić rysunek jednych względem drugich, co najlepiej pokazałoby jakość zgodności. Szkoda też, że nie ma rysunku pokazującego wyznaczenie absolutnego ruchu własnego WOM względem kwazarów. W przypadku omawiania programu AstroWars dobrze byłoby pokazać typowy obrazek oryginalny oraz obrazek z odjętymi gwiazdami — to ilustrowałoby na ile dobrze program ten odejmuje gwiazdy.

Zdarzają się w pracy drobne pomyłki, ale ich liczba jest do przyjęcia jak na objętość takiej pracy. Na przykład na str. 2  $p$  i  $\beta$  zdefiniowane są tak samo;  $p$  powinno być zdefiniowane jako kąt między przesunięciem wywołanym refrakcją a kierunkiem na północny biegun nieba. Na Rys. 4.7 czarne i szare punkty opisane są odwrotnie niż powinny.

Podsumowując uważam, że rozprawa doktorska mgra Radosława Poleskiego zawiera bardzo dużo wartościowych wyników naukowych, a jej autor wykazał się doskonałymi umiejętnościami analizy i interpretacji danych astronomicznych. Z prawdziwą przyjemnością stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa spełnia wszystkie formalne warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie mgra Poleskiego do dalszych etapów postępowania, w tym publicznej obrony rozprawy doktorskiej. Dodatkowo stawiam wniosek o uznanie tej rozprawy za wyróżniającą się.

we Wrocławiu, 24 listopada 2012 roku

Audnej P. p. 1.4,