

# ASTROMETRY OF THE OGLE-III DATA ASTROMETRIA DANYCH OGLE-III

*Radosław Poleski*

## **Streszczenie**

Celem pomiarów astrometrycznych jest dokładne wyznaczanie położenia i ruchów gwiazd. Na obserwowany ruch gwiazd na niebie wpływa kilka efektów, wśród których dwa są istotne z punktu widzenia astrofizyki gwiazdowej – ruch własny oraz paralaksa. Ruch własny to kątowna prędkość gwiazdy na sferze niebieskiej. Tradycyjnie był wyrażany w sekundach łuku na rok, ale przy obecnej dokładności pomiarów astrometrycznych bardziej użyteczną jednostką jest milisekunda łuku na rok (*ang. mas/yr*). Efekt paralaksy to zmiana pozycji gwiazdy na niebie wraz ze zmianą położenia Ziemi na orbicie wokół Słońca. Pozwala on mierzyć odległości do gwiazd. Wartość paralaksy to kąt, pod jakim widać 1 j.a. z odległości, w jakiej znajduje się dana gwiazda. Paralaksa wyrażana jest w milisekundach łuku (*ang. mas*).

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie ruchów własnych i paralaks gwiazd obserwowanych w ramach trzeciej fazy projektu OGLE (*ang. Optical Gravitational Lensing Experiment* – Optyczny Eksperyment Soczewkowania Grawitacyjnego). Obserwacje OGLE-III prowadzone były przy użyciu Teleskopu Warszawskiego o średnicy 1,3 m, który znajduje się w Obserwatorium Las Campanas (Chile). Teleskop wyposażony był w ośmiodetektorową kamerę mozaikową, a obserwacje prowadzono przez osiem lat. Niniejsza analiza obejmuje pola w Obłokach Magellana (łącznie 54 stopnie kwadratowe) oraz wybrane pola obserwowane w kierunku zgrubienia centralnego Galaktyki (1,3 stopnia kwadratowego).

Parametry astrometryczne gwiazd obserwowanych w kierunku Obłoków Magellana zostały wyznaczone na podstawie wcześniej zredukowanych obrazów nieba z projektu OGLE-III. Pierwszym celem przedstawionej pracy było wykrycie oraz określenie parametrów fizycznych gwiazd o największych ruchach własnych. Ze względu na stosunkowo niewielką liczbę takich gwiazd była możliwa szczegółowa weryfikacja każdego obiektu.

Ostateczna lista zawiera 549 gwiazd o ruchach własnych powyżej 100 mas/yr. Niepewności wyznaczenia ich ruchów własnych mają wartość mniejszą niż 1 mas/yr, a paralaks – poniżej 2 mas. Najbliższa ze znalezionych gwiazd ma paralaksę 91,3 mas. Największy zmierzony ruch własny to 722 mas/yr. Wykonane testy pokazały, że kompletność zaprezentowanej listy jest bardzo wysoka. Klasy jasności tych obiektów wyznaczone zostały na podstawie diagramu Hertzsprunga–Russella, w którym jasności absolutne oparte są na wcześniej wyznaczonych paralaksach. Analizowana próbka gwiazd o największych ruchach własnych zawiera jednego podkarła oraz 21 białych karłów. Wśród gwiazd, dla których nie udało się wyznaczyć paralaks, wykryte zostały dalsze 23 prawdopodobne białe karły.

Dla gwiazd z pól w Obłokach Magellana, poza streszczoną wyżej analizą gwiazd o największych ruchach własnych, sporządzono i przeanalizowano katalog ruchów własnych ponad sześciu milionów gwiazd. Na podstawie diagramu Hertzsprunga–Russella wyselekcjonowano ponad 200 dalszych białych karłów. Parametry fizyczne zbadane zostały także na podstawie diagramu zredukowanych ruchów własnych. Diagram ten pozwala oddzielić gwiazdy ciągu głównego należące do dysku galaktycznego od tych należących do populacji halo.

Dzięki dużej liczbie gwiazd w zaprezentowanym katalogu ruchów własnych możliwe było wyszukanie par gwiazd o wspólnym ruchu własnym. Przeprowadzone zostały badania statystyczne, dzięki którym określono, które spośród par gwiazd o podobnym ruchu własnym są losową koincydencją, a które składają się z fizycznie związanych ze sobą gwiazd.

W odległości kilku stopni na niebie od Małego Obłoku Magellana znajduje się gromada kulista 47 Tucanae, która należy do Galaktyki. Jedno z pól OGLE-III obejmowało centralne obszary gromady, a sąsiednie pola – jej zewnętrzne części. Dzięki temu zmierzono ruch własny gromady względem Małego Obłoku Magellana. Spośród opublikowanych dotychczas w literaturze pomiarów ruchu własnego tej gromady dokładniejszy od naszego jest tylko ten wykonany przy wykorzystaniu obserwacji Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Istnieją modele teoretyczne przewidujące, że niektóre gwiazdy opuszczają potencjał grawitacyjny 47 Tuc. Przyczyną tego jest zmiana promienia pływowego gromady, która powodowana jest przez zmianę odległości od centrum Galaktyki. Dzięki prezentowanemu katalogowi ruchów własnych znaleziono gwiazdy potencjalnie mogące być obiektami, które opuściły 47 Tuc. Dodatkowe obserwacje spektroskopowe pozwolą zweryfikować tę hipotezę. Przeprowadzona została również analiza zmienności gwiazd, które mieszczą się w promieniu

plywowym 47 Tuc. Wśród wykrytych gwiazd zmiennych są trzy, które nie były wcześniej znane i mają ruch własny taki jak gromada. Pierwsza z nich to dwumodalna gwiazda zmienna typu SX Phe. Być może obserwowane u niej mody są pulsacjami w czwartym i piątym radialnym modzie harmonicznym. Druga to gwiazda zmienna typu SX Phe, która pokazuje jeden mod pulsacji. Trzecia to gwiazda należąca do słabo zbadanego typu czerwonych maruderów wykazująca zmienność typową dla rotujących gwiazd zaplamionych. Czerwone marudery to gwiazdy, które są czerwiejsze od gałęzi olbrzymów gromady i mają jasności zbliżone do podolbrzymów.

Bardzo ważnym problemem astrofizyki jest pomiar ruchów własnych Obłoków Magellana. W niniejszej pracy podjęta została próba wykonania takiego pomiaru na podstawie astrometrii kwazarów obserwowanych za Wielkim Obłokiem Magellana. Niestety tylko dla dziewięciu kwazarów udało się wyznaczyć ruchy własne z pożądaną dokładnością. Średni ruch własny Wielkiego Obłoku Magellana został zmierzony, ale wynik obarczony jest wyraźnie większą niepewnością niż wcześniejszy pomiar bazujący na danych z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a.

Oddzielnie omówione zostały ruchy własne gwiazd zmiennych obserwowanych w kierunku Obłoków Magellana. Dość nieoczekiwanie okazało się, że zaprezentowany katalog umożliwił określenie natury pewnego typu niebieskich gwiazd zmiennych. W próbie takich gwiazd znalezionych w danych z drugiej fazy projektu OGLE wykryta została grupa gwiazd nieznacznie czerwiejszych niż pozostałe obiekty. Na podstawie niniejszego katalogu stwierdzono, że nie są to gwiazdy zmienne z Wielkiego Obłoku Magellana, lecz pobliskie gwiazdy z Galaktyki. Mierzone dla tych gwiazd zmiany jasności nie były realnym efektem, ale artefaktem powodowanym przez użytą metodę fotometryczną. Katalog ruchów własnych wykorzystany został do wyselekcjonowania gwiazd z Wielkiego Obłoku Magellana, które znajdują się w klasycznym pasie niestabilności, ale nie wykazują pulsacji.

Drugim zagadnieniem podjętym w pracy jest pomiar ruchów własnych gwiazd w kierunku zgrubienia centralnego Galaktyki. Diagramy barwa-jasność wykonane w niektórych polach pokazują obecność dwóch zagęszczeń czerwonych olbrzymów (*ang.* red clump). Jest to dowód na istnienie w zgrubieniu centralnym struktury o kształcie X. Wybrane zostały cztery pola, w których ta struktura jest widoczna, a jednocześnie duża liczba obserwacji OGLE-III w tych polach umożliwi dokładne wyznaczenie ruchów własnych gwiazd. Obrazy nieba zostały zredukowane programem napisanym przez autora pracy,

umożliwiającym wyznaczenie pozycji gwiazd. Na podstawie zmierzonych ruchów własnych zbadane zostały różnice statystyczne w kinematyce dwóch ramion struktury o kształcie X. Po raz pierwszy wykryte zostały różnice w dyspersjach ruchów własnych: dyspersje w bliższym ramieniu są większe niż w dalszym ramieniu. Wyraźne różnice widoczne są również w średnich ruchach własnych w kierunku równoległym do dysku Galaktyki. W kierunku prostopadłym różnice te są w granicy błędów zgodne z zerem.