

Photometry and Spectroscopy of Selected Eclipsing Binaries with the Solaris Robotic Telescopes

Autor: mgr inż. Stanisław Kozłowski

Promotor: prof. dr hab. Maciej Konacki

STRESZCZENIE

Praca przedstawia wyniki badań wstępnych, opis projektu, budowy, uruchomienia i działania sieci robotycznych teleskopów zwanej Solaris. Sieć Solaris jest przeznaczona do prowadzenia precyzyjnych, wielobarwnych obserwacji fotometrycznych i spektroskopowych średniej rozdzielczości. Cztery publikacje będące rdzeniem rozprawy zostały opublikowane w recenzowanych czasopiśmie z listy JCR zgodnie z wymogami polskiego prawa.

Badania wstępne objęły analizę efektu light-time (ang. light-time effect, LTE) w odniesieniu do układów podwójnych zaćmieniowych. Autor opracował i zaimplementował narzędzia analityczne pozwalające na detekcję efektu LTE w danych fotometrycznych z katalogu ASAS Catalogue of Variable Stars. Zidentyfikowane zostały cele, które wykazują nieregularności w sygnale O-C, które mogą świadczyć o obecności trzeciego ciała w układzie. Te cele stanowią załączek listy obiektów, które powinny być zbadane za pomocą dedykowanej kampanii obserwacyjnej realizowanej za pomocą sieci teleskopów. Praca ta została opublikowana pt. *Radio pulsar style timing of eclipsing binary stars from the All Sky Automated Survey catalogue* w Monthly Notices of the Royal Astronomical Society w 2011 roku.

Projekt Solaris rozpoczął się w grudniu 2010 roku. Etap projektowania, instalacji i uruchamiania trwał od kwietnia 2011 roku do maja 2014 roku i obejmował 10 wizyt instalacyjnych do obserwatoriów na półkuli południowej. Autor spędził 520 dni na instalacjach czterech obserwatoriów Solaris: w South African Astronomical Observatory w Republice Południowej Afryki (Solaris-1 i Solaris-2), w Siding Spring Observatory w Australii (Solaris-3) oraz w Complejo Astronomico El Leoncito w Argentynie (Solaris-4). Wszystkie cztery systemy są autonomiczne, działają bez nadzoru człowieka i zostały zaprojektowane w taki sposób, aby być nowoczesnym narzędziem współczesnej astrofizyki. Podczas budowy obserwatoriów autor był odpowiedzialny za szereg zagadnień technicznych związanych z instalacją, tj. planowanie i wsparcie podczas projektów: budowlanego, elektrycznego, uziemienia, a także za montażu kopuł, instalacji sprzętu, kolimacji optycznej teleskopów i integracji systemów. Autor zaprojektował i wdrożył system zarządzania budynkiem dla kopuł astronomicznych, a także brał udział w tworzeniu oprogramowania do zarządzania obserwatoriami. Autorski silnik astrometryczny został wdrożony w celu uzyskania lepszej precyzji pozycjonowania teleskopu. Autor zaplanował obserwacje, zredukował dane i dokonał analizy układów wybranych jako cele potwierdzające poprawność działania każdego z obserwatoriów z osobna jak i sieci jako całości. Testy objęły modelowanie tranzytów (Wasp-4b, Wasp-64b oraz Wasp-98b), modelowanie i szczegółową analizę PG1336-018, układu zaćmieniowego z gwiazdą pulsującą jako przykład obserwacji o wysokiej kadencji oraz szczegółowe modelowanie małomasywnego układu podwójnego J024946-3825.6. Ostatni z układów nie był wcześniej badany w literaturze, a okazał się być niezwykle interesującym. Wyniki te zostały opublikowane w pracy *Project Solaris - a Global Network of Autonomous Observatories - Design, Commissioning and First Science Results* w czasopiśmie Publications of the Society of the Pacific w 2017 roku.

Obserwacje spektroskopowe za pomocą sieci Solaris są możliwe dzięki spektrografowi echelle zainstalowanemu na teleskopie Solaris-1 w Republice Południowej Afryki. Tryb spektroskopowy został zaprojektowany, wdrożony i uruchomiony przez autora. Pierwsze testy, jeszcze na urządzeniach prototypowych, były realizowane na teleskopie Solaris-4 w Argentynie podczas ostatniej wizyty instalacyjnej w 2014 roku. Kompaktowy, szczelinowy spektrograf jest zainstalowany bezpośrednio na teleskopie. Dedykowany moduł akwizycyjny został zaprojektowany przez autora i pozwala na zdalne przełączanie między obserwacjami fotometrycznymi i spektroskopowymi. Autor przygotował także niezbędne oprogramowanie do sterowania urządzeniami, włączając w to akwizycję danych i prowadzenie gwiazdy na szczelinie w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem sprzężenia wizyjnego. Dzięki temu możliwe było uzyskanie wysokiej wydajności i bardzo dobrej precyzji w wyznaczaniu prędkości radialnych układów podwójnych. Możliwe jest uzyskanie widm o stosunku sygnału do szumu na poziomie 22 podczas 30-minutowych ekspozycji dla celu o jasności $V=10$ mag, a w efekcie wyznaczenie mas składników z błędem 3%. Szczegółowy opis testów prototypu oraz wyniki naukowe zostały przedstawione w pracy *BACHES – a Compact Echelle Spectrograph for Radial-Velocity Surveys with Small Telescopes* opublikowanej w Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Szczegóły uruchomienia trybu spektroskopowego w docelowej formie na teleskopie Solaris-1 wraz z wynikami modelowania znanych i wcześniej niebadanych układów podwójnych przedstawiono w pracy *Spectroscopic Survey of Eclipsing Binaries with a Low-cost Echelle Spectrograph: Scientific Commissioning* opublikowanej w Publications of the Astronomical Society of Pacific.