



ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa  
tel: (22) 841 00 41, (22) 3296 100  
fax: (22) 841 00 46  
email: camk@camk.edu.pl  
<http://www.camk.edu.pl>

## CENTRUM ASTRONOMICZNE IM. MIKOŁAJA KOPERNIKA PAN

Toruń, 4 września 2018

Prof. dr hab. Maciej Konacki  
Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika  
Polska Akademia Nauk

Recenzja pracy doktorskiej „Dynamical analysis of selected, multiple planetary systems detected by the KEPLER mission” autorstwa mgr Federico Panichi

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska liczy sobie 157 strony, zawiera także osobno numerowane podziękowania, streszczenie, spis treści, spis rysunków i tabel. Z wyłączeniem bibliografii i tabel główna część pracy to 132 strony podzielone na 5 rozdziałów. Zasadnicze naukowe wyniki pracy zawarte są w rozdziałach 3 i 4. Rozdział 5 zawiera podsumowanie wyników pracy. Praca napisana jest w języku angielskim z wyjątkiem dwustronicowego streszczenia, które jest zarówno po angielsku i jaki po polsku.

Rozdział 1 zawiera krótki wstęp dotyczący pozasłonecznych planet w kontekście detekcji układów wieloplanetarnych, w przeważającej mierze wykrytych dzięki satelicie Kepler, ich dynamiki i wyznaczania podstawowych parametrów takich jak masa i promień. W tym rozdziale Autor wyznacza zadanie, którego rozwiązanie podejmuje się w dalszych częściach rozprawy. Jest nim charakteryzacja wybranych zwartych układów wieloplanetarnych poprzez wyznaczenie parametrów fizycznych planet w badanych układach, a także szczegółowe modelowanie elementów orbitalnych (warunków początkowych) i zbadanie długookresowej ewolucji orbitalnej i stabilności znajdujących się w konfiguracjach bliskich rezonansom ruchu średniego (mean motion resonances, MMRs) przy wykorzystaniu teoretycznych (i numerycznych) podstaw dotyczących dynamiki tego typu układów i obserwacji z satelity Kepler (krzywych blasku gwiazd posiadających tranzytujące planety).

W rozdziale 2 Autor proponuje metodę fotometrii dynamicznej i opisuje w jaki sposób analizuje krzywe blasku, wyznacza momenty tranzytów planet, związane z nimi zmiany momentów tranzytów planet (Transit Timing Variation, TTV) i wyznaczane, w oparciu o nie, fizyczne i orbitalne parametry układów planetarnych.

*PK*



W rozdziale 3 opisane są numeryczne metody wykorzystywane do analizy dynamiki układów planetarnych w szczególności w zakresie uzyskiwania wskaźnika dynamiki układu (miary stabilności układu). Autor proponuje nowy, dedykowany, szybki wskaźnik dynamiki *Reversibility Error Method* (REM). Wskaźnik charakteryzuje się wysoką wydajnością obliczeniową w szczególności w zastosowaniu do układów planetarnych zawierających planety typu Super-Ziemia, o względnie małej masie i słabych wzajemnych oddziaływaniach.

W rozdziale 4 przedstawione są wyniki zastosowania metody fotometrii dynamicznej do analizy układów Kepler-30 i KOI-1599. Dzięki tej metodzie Autor scharakteryzował dwa układy wieloplanetarne Kepler-30 (trzy planety) i KOI-1599 (dwie planety). W szczególności poprawił niepewności w wyznaczeniu promieni, mas i elementów orbitalnych układu Kepler-30. W przypadku KOI-1599, obiektu znajdującego się na liście kandydatek na gwiazdę posiadającą planet, Autor uzyskał precyzyjne promienie i masy dla dwóch planet-kandydatek obiegających tę gwiazdę. Warto zauważyć, że wyznaczanie mas planet obiegających inne gwiazd jest ze swojej natury zwykle niemożliwie lub bardzo trudne i stąd każdy taki wynik jest bardzo cenny. Dla obu tych układów przeprowadzona została także analiza stabilności dynamicznej, rozmiary i kształt obszarów MMRs.

Autor ze swobodą posługuje się całym arsenałem narzędzi badawczych wskazujących na jego biegłą znajomość mechaniki nieba, elementów teorii układów dynamicznych, statystyki, ale także znajomość zagadnień typowych dla astronomii obserwacyjnej. Nie znajduję większych czy nawet mniejszych uchybień w rozprawie. Uzyskane przez Autora wyniki uważam za ciekawe i istotne dla rozwoju tej gałęzi astrofizyki, która jest współcześnie bardzo konkurencyjna i uprawiana przez wielu czołowych naukowców. Zaprezentowane przez Autora podejście jest ważnym krokiem do rozwiązania otwartych problemów, takich jak mechanizmy tworzenia się MMRs i zwartych układów planetarnych, deficyt par planet w pewnych rezonansach, wpływ oddziaływania dysków protoplanetarnych na obserwowane konfiguracje poprzez analizę wspomnianych konkretnych układów planetarnych a także wkład w rozwój narzędzi to analizy kolejnych układów wieloplanetarnych odkrytych (lub tych, które będą odkryte) dzięki misji Kepler, nowej misji satelitarnej TESS a także misji w budowie Plato.

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska moim zdaniem spełnia wszystkie wymagania zwyczajowe i wymagania określone w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”. Wnoszę o dopuszczenie mgr Federico Panichi do publicznej obrony.



Maciej Konacki