

## Streszczenie

Wielokrotność gwiazd jest zjawiskiem dobrze znanym. Jednak teoria powstawania, ewolucji i stabilności dynamicznej układów wielokrotnych gwiazd to dziedziny, w których wciąż pozostaje wiele pytań bez odpowiedzi. Jednym z najsłabiej zbadanych aspektów, w jednej z najprostszych konfiguracji, jest ewolucja hierarchicznych układów potrójnych. Układy potrójne wykorzystano jako wyjaśnienie powstawania ciasnych układów podwójnych, niebieskich maruderów, mgławic planetarnych, a także łączenia się kilku czarnych dziur. Jednak większość tych systemów ma długie okresy orbity zewnętrznej, a ich oddziaływania dynamiczne mierzy się w skali czasowej wielu lat i dziesięcioleci. Dlatego szczegółowe ich studiowanie może być procesem bardzo czasochłonnym.

Tymczasem istnieje podzbiór tych układów potrójnych, zwany *Compact Hierarchical Triples* (CHT), który oferuje większy potencjał z punktu widzenia astrofizyki obserwacyjnej. Są to układy potrójne z okresem orbity zewnętrznej krótszym niż  $\sim 1000$  dni. Kiedyś uważano, że CHT są nieliczne, ale dzięki nowym obserwacjom z fotometrycznych misji kosmicznych odkrywamy więcej takich układów. W przypadku CHT możemy obserwować większość, jeśli nie wszystkie, różnych dynamicznych interakcji zachodzących w układzie trzech gwiazd. Procesy dynamiczne w CHT można obserwować w skalach czasowych dużo krótszych niż czas życia człowieka. Ponieważ większość znanych wcześniej trójek ma szerokie orbity, układy CHT są jednymi z brakujących składników do badania układów potrójnych w pełnej skali. Dlatego też CHT mogą działać jako narzędzia do badania powstawania, dynamiki i ewolucji gwiazd wielokrotnych. Odległości między składnikami tych układów są podobne do rozmiarów orbit układów planetarnych. Dlatego zrozumienie CHT może również przyczynić się do zrozumienia powstawania i ewolucji planet. Do chwili obecnej liczba kandydatów na CHT wynosi niecałe 700. Dokładniej przestudiowano jedynie 43. Należy zatem (i) odkryć więcej CHT, aby zwiększyć ich próbkę, oraz (ii) scharakteryzować parametry gwiazdowe, orbitalne i atmosferyczne, aby zrozumieć właściwości tych układów.

Rozdzielone układy podwójne zaćmieniowe (*detached eclipsing binaries*; DEB) są znane jako źródło najdokładniejszych parametrów gwiazdowych. Dzięki wysokiej jakości obserwacjom możemy osiągnąć dokładność lepszą niż 1%. Tak dokładne parametry gwiazdowe są trudne do uzyskania innymi metodami. Jeśli CHT ma DEB-a jako swój wewnętrzny układ podwójny, mamy dodatkową zaletę w postaci otrzymania bardzo dokładnych parametrów gwiazdowych nie tylko układu podwójnego, ale także trzeciej gwiazdy. W tej pracy wykrywamy, a także uzyskujemy dokładny obraz orbit, geometrii, metaliczności, wieku czy statusu ewolucyjnego dla próbki układów CHT.

CHT poszukujemy m.in. metodą chronometrażu zaćmień (*eclipse timing variations*; ETV), wykorzystując obserwacje z projektu fotometrycznego *Solaris*. Wykorzystujemy także spektroskopię wysokiej rozdzielczości potrójnych układów zaćmieniowych dwu- i trójliniow-

yh, szukając zmian w prędkościach radialnych. Dane dla naszej próbki CHT uzupełniamy o bardzo precyzyjną fotometrię z satelity *TESS*. Stosując złożone, współczesne techniki współczesnej astronomii, uzyskujemy parametry gwiazdowe, orbitalne i atmosferyczne wszystkich trzech gwiazd w układzie. Modelowanie krzywej blasku, modelowanie prędkości radialnych, rozplątywanie widm i analiza widmowa są przeprowadzane w celu uzyskania zestawu niezależnych i spójnych parametrów. Korzystając z tych parametrów, badamy ewolucję, dynamikę i rozkład parametrów w celu lepszego zrozumienia procesu powstawania tych rzadkich układów.

W tej pracy opisujemy wykrycie dziewięciu CHT o małej masie. Cztery z tych dziewięciu, oraz dwa wcześniej zidentyfikowane CHT, są szczegółowo badane w celu uzyskania pierwszych analiz spektroskopowych tych układów. W naszych szczegółowych analizach wyznaczamy wiek CHT, a także fazy ewolucyjne wszystkich gwiazd w układzie. W literaturze istnieje około 43 CHT zbadanych w sposób podobny do tego, jaki opisuje niniejsza praca. Dodajemy nasze systemy do tej próbki, aby zobrazować rozkłady różnych parametrów i badać ich wpływ na obecne teorie powstawania i ewolucji CHT. Oprócz wkładu w badania CHT, dodajemy 6 układów do zbioru układów zaćmieniowych z bardzo dokładnie wyznaczonymi parametrami. Chociaż jest to niewielki dodatek do małej próbki, praca ta stanowi podstawę dla przyszłych badań CHT i wielokrotności gwiazdowej, z wykorzystaniem nowych spektrografów wysokiej rozdzielczości i precyzyjnych teleskopów kosmicznych.