

STRESZCZENIE POPULARNONAUKOWE

Astronomia obserwacyjna przechodzi dziś rewolucję „*Big Data*”. Coraz więcej instrumentów i projektów skupia się na szybkim i wydajnym gromadzeniu danych dla tysięcy, a nawet milionów celów, w niemal tym samym czasie. Weźmy na przykład Obserwatorium Very C. Rubin (znane również jako LSST) – olbrzym o średnicy lustra 8,4 m, który przeskanuje całe dostępne mu niebo w ciągu zaledwie kilku nocy, zbierając nawet 20 TB danych na dobę. Inne, trwające projekty, choć w znacznie mniejszej skali, również generują ogromną liczbę obserwacji. Pomysł jest ogólnie taki, aby obserwować jak najwięcej, żeby dane mogły być wykorzystane do wielu innych badań naukowych, niż tylko te, dla których zaprojektowano dany instrument. W zasadzie, każdy badacz z odpowiednim pomysłem może uzyskać niezbędne dane niemal za darmo.

Jednym z takich obserwatoriów „całego nieba” i „darmowych danych” jest *Transiting Exoplanet Survey Satellite* (TESS), misja satelitarna zaprojektowana w celu odkrywania tranzytujących planet pozasłonecznych poprzez szukanie małych, okresowych spadków jasności gwiazd (tranzytów). Przez około 28 dni TESS obserwuje tę samą, dużą część nieba, rejestrując obrazy co 10 lub 30 minut, jak również pomiary jasności (fotometryczne) niektórych, wybranych celów co 2 minuty, a w niektórych przypadkach 20 sekund. Następnie przechodzi do innego pola i kontynuuje obserwacje. Prawie całe niebo jest pokryte w ciągu dwóch lat, a pewne specjalnie wybrane obszary są obserwowane nieprzerwanie przez cały rok. W ten sposób TESS wykonuje pomiary jasności dla setek tysięcy gwiazd (i innych obiektów!) i udostępnia je za darmo dla każdego. Nic dziwnego, że stał się bardzo popularny wśród badaczy zainteresowanych badaniami innego rodzaju obiektów astronomicznych. Jedną z dziedzin, które najbardziej czerpią korzyści z misji TESS, są badania zaćmieniowych układów podwójnych.

Rozdzielone układy zaćmieniowe (ang.: *detached eclipsing binaries*, DEB) są jednym z najważniejszych obiektów dla astrofizyki gwiazdowej. Są to pary gwiazd, które powstały w tym samym czasie z tego samego obłoku gazu i pyłu, które krążą wokół siebie w taki sposób, że raz na jakiś czas jedna chowa się za drugą. Jednocześnie nie mają na siebie innego wpływu, jak poprzez grawitację; w szczególności nie ma przepływu materii z jednej gwiazdy na drugą. Taka konfiguracja pozwala nam mierzyć podstawowe właściwości gwiazd, takie jak ich gwiazd, ich indywidualne jasności i masy. Szczególnie ta ostatnia wielkość jest bardzo ważna, ponieważ decyduje o tym, jak gwiazda zmienia się w ciągu swojego życia. Ponadto na podstawie widm DEB-ów (po kilku sprytnych manipulacjach) możemy zmierzyć ruch gwiazd (tzw. „prędkości radialne”, RV), oszacować kształt orbity i powiedzieć coś o atmosferach gwiazd, na przykład o ich temperaturze lub składzie chemicznym. Ilość informacji, które możemy uzyskać z DEBów i to, co możemy z nimi później zrobić, sprawia, że rozdzielone układy zaćmieniowe są jednymi z najbardziej użytecznych obiektów w astronomii.

Ale aby faktycznie uzyskać te informacje i żeby były one naprawdę wartościowe, musimy osiągnąć odpowiednio wysoki poziom precyzji. Z zasady przyjmuje się, że jest to błąd w obliczeniu masy i promienia gwiazdy na poziomie 2%. Ale im mniejszy błąd, tym lepiej, ponieważ im dokładniejsze dane uzyskamy, tym bardziej rygorystyczne testy naszej wiedzy o gwiazdach możemy przeprowadzić. Niektóre zjawiska zachodzące we wnętrzu gwiazd wpływają na zmianę w obserwowanych parametrach na poziomie 0,5% lub mniejszym. Aby uzyskać tak dokładne wyniki, na początek potrzebne są superprecyzyjne dane obserwacyjne. I tutaj właśnie satelita TESS okazuje się być całkiem przydatnym, ponieważ wykonuje najlepsze obecnie dostępne pomiary jasności, i to dla ogromnej liczby gwiazd. Jednak sama fotometria DEBom nie wystarczy. Aby uzyskać superprecyzyjne pomiary RV, potrzebne są widma o wysokiej rozdzielczości, pochodzące z najbardziej stabilnych spektrografów. Niestety nie ma (jeszcze) maszyny, która robiłaby to automatycznie dla całego nieba i liczby celów porównywalnej do TESS. Dedykowane obserwacje zajmują lata, a nawet dekady i wymagają ogromnych zasobów ludzkich, czasowych i finansowych. Rozpoczęcie nowego, dedykowanego przeglądu spektroskopowego tylko w celu wykorzystania danych TESS nie byłoby możliwe. Chyba że taki projekt istniał już wcześniej...

Projekt *Comprehensive Research with Échelles on the Most interesting Eclipsing binaries* (CRÉME) rozpoczął się w 2011 roku jako obserwacje spektroskopowe DEBów z polskiego fotometrycznego ASAS. Głównym celem było wyszukiwanie i dokładne opisywanie nowych przykładów rzadkich, lub w inny sposób interesujących gwiazd w układach zaćmieniowych. Dzięki regularnym obserwacjom niemal 400 celów, CRÉME pozwolił zidentyfikować ogromną liczbę ciekawych obiektów, takich jak bardzo lekkie lub bardzo ciężkie gwiazdy, stare olbrzymy, gwiazdy pulsujące itd. Na (nie)szczęście okazał się dużo lepszy niż jego fotometryczny odpowiednik – dane ASAS (ogólnie dane z teleskopów naziemnych) po prostu nie były wystarczająco dokładne. Dopiero po starcie TESS można było w pełni wykorzystać prawdziwy potencjał projektu CRÉME.

Dzięki połączonym siłom CRÉME i TESS jesteśmy teraz gotowi przesunąć granice badań nad układami zaćmieniowymi i wydobyć na światło dzienne setki nowych i dokładnie zbadanych przypadków rzadkich, egzotycznych i interesujących gwiazd.