

Projekt EM Follow-up kolaboracji LSC-Virgo

Poszukiwanie przejść optycznych związanych z kandydatami na fale grawitacyjne

Polski projekt astronomiczny *Pi of the Sky* bierze czynny udział w poszukiwaniach przejść optycznych związanych z kandydatami na fale grawitacyjne w danych sieci detektorów Advanced LIGO i Advanced Virgo. Obserwacje te są prowadzone w ramach projektu EM Follow-up kolaboracji LSC-Virgo. Analiza danych zebranych przez teleskopy *Pi of the Sky* jest wspólnym projektem grupy badawczej *Pi of the Sky* i grupy *Polgraw*.

Sieć robotycznych teleskopów *Pi of the Sky* (CFT PAN, UW, NCBJ) składa się z dwóch obserwatoriów umieszczonych na dwóch półkulach. Na półkuli południowej obserwatorium jest umieszczone w San Pedro de Atacama (SPdA) w Chile. W SPdA pracuje jeden teleskop wyposażony w dwa obiektywy o polu widzenia 20 na 20 stopni, patrzące w ten sam obszar nieba. Wykonywane zdjęcia mają czas naświetlania 10 s i pozwalają na obserwacje obiektów o jasności do 12 magnitudo. Na półkuli północnej obserwatorium jest umieszczone jest nieopodal miejscowości Huelvy (Instituto Nacional de Technica Aeroespecial - INTA) w Hiszpanii. W obserwatorium INTA pracują cztery teleskopy roboty, z których każdy jest wyposażony w cztery kamery. Pole widzenia takiego robota to około 76 na 76 stopni. Tutaj również używany jest czas naświetlania 10s i istnieje możliwość obserwacji obiektów o jasności 12 magnitudo. Na potrzeby projektu EM Follow-up wykorzystywane jest obserwatorium w SPdA oraz jeden z robotów w INTA. *Pi of the Sky* w trakcie swojego działania od 2004 roku uzyskało wiele interesujących wyników naukowych. Najważniejszym z nich były obserwacje GRB080319B, których wyniki zostały opublikowane w *Nature* w 2008 roku. Teleskopy *Pi of the Sky* wyróżniają się na tle innych teamów astronomicznych bardzo dużym polem widzenia, które umożliwia szybki skan nieba w poszukiwaniu rozbłysków optycznych.

W 2014 roku *Pi of the Sky* podpisało porozumienie (Memorandum of Understanding) z LSC-Virgo na udział w projekcie EM Follow-up. Projekt EM Follow-up będzie podzielony na kilka faz wraz kolejnymi sesjami zbierania danych (Science Run) przez detektory LSC-Virgo. Pierwsza sesja zbierania danych przez LSC-Virgo: First Observing Run (O1) rozpoczęła się 14 września 2015 roku i zakończyła się 12 stycznia 2016 roku. W O1 brały udział tylko detektory Advanced LIGO. Kolejna sesja zbierania danych, O2, powinna się rozpocząć w drugiej połowie 2016 roku i potrwać pół roku. W O2 będą brały udział oba detektory Advanced LIGO i detektor Advanced Virgo. Udział trzech detektorów powinien poprawić możliwość lokalizacji potencjalnego źródła fal grawitacyjnych na niebie. Na przełomie 2017/2018 roku jest planowana następna sesja O3, która będzie trwała 9 miesięcy i będą w niej brały udział wszystkie trzy detektory. W późniejszym okresie planowane są kolejne sesje

zbierania danych, aż do momentu, kiedy detektory osiągną docelową czułość i nie będą już wyłączane.

Podczas sesji zbierania danych przez detektory kolaboracji LSC-Virgo, wyspecjalizowane algorytmy wyszukują w czasie rzeczywistym kandydatów na fale grawitacyjne. Jeżeli taki kandydat wystarczająco wyróżnia się z szumu to informacja na jego temat jest wysyłana do obserwatoriów astronomicznych (ponad 60 zespołów na całym świecie), które podpisały porozumienie z LSC-Virgo. Wysyłana informacja zawiera mapę prawdopodobieństwa pozycji na niebie, gdzie może znajdować się potencjalne źródło fal grawitacyjnych. W pierwszej sesji zbierania danych, O1 mapa prawdopodobieństwa mogła obejmować obszar nawet do 2000 stopni kwadratowych (przy przeciętnym polu widzenia teleskopu o zwierciadle 10 cali 1 stopień kwadratowy). Wyznaczanie pozycji powinno być dużo lepsze podczas O2. Teleskopy *Pi of the Sky* mają jedne z największych pól widzenia spośród wszystkich teleskopów biorących udział w projekcie (SPdA – 400 stopni kwadratowych, INTA – 1500 stopni kwadratowych).

Wiele z potencjalnie wykrywalnych źródeł fal grawitacyjnych (złanie się układu podwójnego gwiazd neutronowych, supernowa, ...) może oprócz emisji fal grawitacyjnych skutkować rozbłyskiem optycznym (fale elektromagnetyczne). Zaobserwowanie fali grawitacyjnej i rozbłysku optycznego związanych z procesem astrofizycznym może prowadzić do bardzo ciekawych rezultatów naukowych. Informacje niesione przez fale elektromagnetyczne i fale grawitacyjne są komplementarne. Fale elektromagnetyczne niosą informacje o wyniku procesu, który je wygenerował (supernowa, poświata po błysku gamma, ...), natomiast fale grawitacyjne niosą ze sobą informacje na temat przyśpieszenia masy w źródle. Dzięki falom grawitacyjnym będziemy mogli obserwować jak przebiegają najbardziej energetyczne procesy we wszechświecie, a dzięki falom elektromagnetycznym jaki jest ich wynik.

Podczas O1 *Pi of the Sky* wykonało obserwacje związane z większością kandydatów na fale grawitacyjne.

Pi of the Sky uczestniczyło już w podobnym projekcie LSC-Virgo, Looc-Up (2009-2010), którego celem było poszukiwanie rozbłysków optycznych związanych z kandydami na fale grawitacyjne w poprzedniej generacji detektorów LIGO i Virgo. Wyniki projektu Looc-Up zostały opublikowane w pracach: A&A 539, A124 (2012) i ApJS 211 (2014) 7.