

W poszukiwaniu nieznanego...

Filip Morawski

Pierwsza detekcja fali grawitacyjnej w 2015 roku zapoczątkowała erę astronomii grawitacyjnej. Otwarte w tym momencie nowe okno na Wszechświat umożliwiło nam obserwację otaczającej nas przestrzeni kosmicznej z zupełnie nowej strony. Grawitacja – jedno z czterech znanych obecnie podstawowych oddziaływań – stała się cennym źródłem informacji na temat dynamicznych procesów zachodzących w kosmosie. W trakcie gwałtownych zjawisk jak koalescencje (łączenie się) się składników układów podwójnych - czarnych dziur i gwiazd neutronowych - czy wybuchy supernowych, czasoprzestrzeń podlega dramatycznym zmianom. Rozchodząca się fala grawitacyjna kurczy i rozciąga przestrzeń, przez którą przechodzi. Efekt ten słabnie w trakcie rozchodzenia się fali od źródła. Choć sygnał rejestrowany na Ziemi jest znikomy (odkształcenia rzędu 10^{-19} m na odcinku 400 km), to wyemitowana w trakcie koalescencji czarnych dziur fala grawitacyjna ma moc przewyższającą emisję elektromagnetyczną wszystkich gwiazd w obserwowanym Wszechświecie!

Detekcja tak subtelnych zjawisk jak fale grawitacyjne wymaga niezwykle precyzyjnego sprzętu. Instrumentami, które umożliwiają rejestrację tych sygnałów są laserowe detektory interferometryczne: Advanced LIGO i Advanced Virgo. Samo uruchomienie tych niezwykle czułych narzędzi, będących w stanie rejestrować fale grawitacyjne, nie oznacza jeszcze faktycznej detekcji. Sygnał ten bowiem ukryty jest głęboko w szumie, generowanym przez sam detektor, wpływ aktywności ludzkiej (samochody, samoloty), aktywność sejsmiczną czy też warunki atmosferyczne (falowanie mórz, wiatr i deszcz). Dlatego też rejestracja fali grawitacyjnej wymaga zastosowania wyrafinowanej analizy zebranych przez detektory danych.

Współcześnie wykorzystywane metody analizy danych wymagają dokładnej znajomości kształtu poszukiwanej fali grawitacyjnej. Jest to istotne ograniczenie, gdyż nasza wiedza w tym zakresie jest niepełna - przykładowo nie znamy jeszcze dokładnego kształtu fali emitowanej podczas wybuchu supernowej. Ograniczenie to stanowi główny powód motywacji stojącej za prezentowanym projektem. Tytułowym **nieznanym** są zarówno fale grawitacyjne, których dokładnego kształtu nie znamy, jak również te znane nam, których kształtu nie chcemy zakładać w trakcie analizy. Te nieznanne sygnały określamy mianem **anomalii**.

Do poszukiwań wspomnianych anomalii postanowiliśmy wykorzystać **sztuczną inteligencję**, a dokładniej algorytmy **uczenia maszynowego** określane mianem **głębokiego uczenia**. Przykładem takiej metody są konwolucyjne sieci neuronowe, które powstały na bazie badań kory wzrokowej u ssaków - części mózgu, która specjalizuje się w przetwarzaniu informacji wizualnej. Powszechnie wykorzystywane w klasyfikacji obrazów czy też pisma odręcznego, mogą się okazać nieocenioną pomocą w poszukiwaniach subtelnych anomalii. W projekcie zamierzamy nie tylko skupić się na falach grawitacyjnych, lecz również na nietypowych artefaktach instrumentalnych, które pojawiając się w sygnale detektora imitują lub zaburzają fale grawitacyjne. Lepsze zrozumienie i usuwanie takich instrumentalnych artefaktów jest kluczowa dla podniesienia jakości badanego sygnału, co z kolei przekłada się na wiarygodność detekcji i dokładność estymacji parametrów fizycznych źródeł fal - przykładowo dokładnego wyznaczenia mas i spinów czarnych dziur, co pozwoli lepiej zrozumieć ich pochodzenie i ewolucję.

Podsumowując, w niniejszym projekcie badamy możliwość wykorzystania sztucznej inteligencji jako alternatywnej metody poszukiwań fal grawitacyjnych bez względu na naszą aktualną wiedzę na temat ich kształtu. Podczas rozwoju metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji znacznie poszerzymy możliwości rejestracji tychże sygnałów, a to z kolei przełoży się na lepszą wiedzę na temat natury jednych z najbardziej dynamicznych zjawisk we Wszechświecie.