Streszczenie

Pierwsza detekcja fali grawitacyjnej w 2015 roku zapoczątkowała erę astronomii fal grawitacyjnych. 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 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. Choć efekt ten słabnie, gdy fala oddala się od źródła, 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. Metody takie jak uczenie maszynowe, gałąź sztucznej inteligencji, która zrewolucjonizowała możliwości obliczeniowe komputerów w XXI wieku, wydają się być idealnymi kandydatami.

Prace nad niniejszą dysertacją rozpoczęły się jesienią 2017 roku, u zarania badań nad zastosowaniem uczenia maszynowego w astronomii fal grawitacyjnych. W rezultacie rozprawa porusza zagadnienia naukowe, które wcześniej nie były badane lub badane były tylko w ograniczonym zakresie. Ogólnie rzecz biorąc, dysertacja ta doskonale wpisuje się w szerszy obraz szeroko zakrojonych badań nad tym, jak uczenie maszynowe może być wykorzystane w astronomii fal grawitacyjnych i co może nam dać w zamian. W pracy doktorskiej badam potencjał uczenia maszynowego jako nowatorskiej metody wykrywania fal grawitacyjnych definiowanych jako rodzaj anomalii w danych. Ponadto zajmuję się zastosowaniami uczenia maszynowego w poszukiwaniach jeszcze nie wykrytych sygnałów emitowanych podczas wybuchów supernowych oraz przez osiowo niesymetryczne gwiazdy neutronowe. Badam również koncepcję rekonstrukcji fundamentalnych równań teoretycznych opisujących fizykę gwiazd neutronowych na podstawie tego, co faktycznie możemy zaobserwować.

Trwające i przyszłe kampanie obserwacyjne LIGO-Virgo-KAGRA przyniosą więcej de-

tekcji sygnałów, zarówno tych które już znamy i oczekujemy, a także tych, których nie jesteśmy jeszcze świadomi. Mam nadzieję, że niniejsza praca wniesie istotny wkład w rozwój nowoczesnych metod badania fal grawitacyjnych.