

Kosmologia jest to dziedzina nauki z definicji zajmująca się badaniem początków, ewolucji oraz przewidywanych losów Wszechświata. Jednak wciąż jest wiele niewiadomych dotyczących początków Wszechświata, tylko teorie przewidują jego przyszły kształt oraz wiele pytań na temat tego co wydarzyło się pomiędzy Wielkim Wybuchem, a współczesnością. Na przykład jednym z najważniejszych pytań jest jak, wysokość i rozbudowana wielkoskalowa struktura galaktyk, obserwowana przez przegląd bliskiego Wszechświata, powstała i ewoluowała w czasie.

Według współczesnych modeli kosmologicznych, które opisują nasz obecny stan rozumienia Wszechświata, zdecydowanie wiążą wielkoskalową strukturę tworzącą coś, czego nie możemy bezpośrednio zaobserwować. Z tego powodu nazwane zostało 'ciemną' materią, jako przeciwieństwo materii widzialnej, którą możemy obserwować. Badania wykazały, że te dwie składowe wielkoskalowe struktury Wszechświata są ze sobą związane. Galaktyki (lub ogólnie materia widzialna) są otoczone przez halo ciemnej materii. W teorii wiążącymi jest obserwowanie struktury ciemnej materii poprzez śledzenie ewolucji struktury galaktyk. Jest tylko jeden problem. Zależność od ciemnej i widzialnej materii nie jest nigdy jednoznaczna i zależy od wielu czynników, między innymi od różnorodnych fizycznych właściwości galaktyk. W rezultacie zrozumienie zależności pomiędzy galaktykami oraz ukrytymi strukturami ciemnej materii stało się jednym z kluczowych elementów i najważniejszych zagadnień współczesnej kosmologii. Cel naszego projektu jest skupiony wokół tego zagadnienia.

Dostarczy odpowiedzi na to pytanie można na m.in. poprzez badanie grupowania się galaktyk. Podobne badania zostały przeprowadzone z dużą dokładnością dla lokalnego Wszechświata, Tymczasem dopiero rozciąganie tych studiów ku wczesnym epokom ewolucji i formowania galaktyk umożliwi prześledzenie całej ewolucji wielkoskalowej struktury Wszechświata od wczesnych etapów jej powstania.

W proponowanym projekcie badawczym proponujemy przeprowadzenie bezprecedensowej analizy grupowania galaktyk w bardzo wczesnych etapach ewolucji Wszechświata, gdy liczył on sobie tylko 1,5 miliarda lat. Wykorzystamy do tego dane najwyższego w swojej dziedzinie spektroskopowego przeglądu galaktyk VIMOS Ultra Deep Survey (VUDS). Tego rodzaju badania były dotychczas niemożliwe ze względu na brak odpowiednich metod oraz technologii pozwalających na obserwacje słabych obiektów. Nasze pomiary będą pierwszymi przeprowadzonymi dla tak wczesnych etapów ewolucji Wszechświata. Jednocześnie nie przeprowadzimy podobnych pomiarów wykorzystując dane innego przeglądu: VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey, sporządzonego dla późniejszych epok. Dzięki temu, że oba te przeglądy zostały przeprowadzone w podobny sposób (podobne metody selekcji obiektów, użyte instrumenty itp.), porównanie wyników umożliwi prześledzenie ewolucji wielkoskalowej struktury wszechświata po raz pierwszy w sposób ciągły od wczesnych etapów jej formowania aż do współczesności.

Poprzez szczegółową interpretację zmierzonych właściwości grupowania galaktyk we wczesnych etapach ich formowania, chcemy udzielić odpowiedzi na pytania: jak uformowała się i ewoluowała zgrupowana wielkoskalowa struktura wszechświata obserwowana lokalnie? Jakiego rodzaju różnice pomiędzy rozkładem gęstości tzw. ciemnej materii, a obserwowanymi strukturami materii widzialnej (galaktyk) w różnych epokach? Jakiego rodzaju fizyczne związki pomiędzy nimi oraz jak ich relacje zmieniały się w czasie? Jakiego rodzaju procesy zapoczątkowały, regulowały i w końcu stłumiły tworzenie gwiazd w galaktykach? Kiedy i jakie mechanizmy sterowały ewolucją populacji galaktyk o różnych właściwościach na różnych etapach rozwoju Wszechświata? Odpowiedzi na te pytania pozwolą nam (i) sprawdzić, czy nasze obserwacje i pomiary wpisują się w standardowy model kosmologiczny oraz (ii) przyczyni się do rozwoju modeli gromadzenia masy gwiazdowej w galaktykach we wczesnych etapach ich formowania. Modele te są wciąż bardzo niepewne ze względu na brak dowodów obserwacyjnych. Celem tego projektu jest ich dostarczenie.

Pozostaje jednak pytanie jak tego wszystkiego dokonamy? Jedną z metod pomiaru grupowania galaktyk jest mierzenie tzw. dwupunktowej funkcji korelacji. Funkcja ta opisuje prawdopodobieństwo (ponad losowe) znalezienia dwóch galaktyk oddalonych od siebie na daną odległość. Pomimo, że jej założenia są relatywnie proste, nie mogą być bezpośrednio zastosowane dla danych obserwacyjnych, ze względu na ograniczenia przeglądów nieba z których te dane pochodzą. W sytuacji idealnej idealnym byłoby dostęp do danych przeglądu, który obejmowałby zasięg całego nieba i zawierał wszystkie możliwe galaktyki. Naturalnie takie przeglądy nie istnieją. Dlatego konieczne jest dostosowanie metody badawczej do cech charakterystycznych przeglądów galaktyk którymi dysponujemy. Dla proponowanego projektu badawczego wszystkie konieczne narzędzia (takie jak kody komputerowe i oprogramowanie) zostały już przygotowane przez kierownika projektu i przetestowane na danych VUDS oraz symulacjach. Są więc gotowe do przeprowadzenia planowanych pomiarów.

Oczywiście sam pomiar funkcji korelacji jest niewystarczający, konieczne jest zastosowanie uzasadnionego fizycznie modelu tej funkcji. Dzięki dopasowaniu modelu do zmierzonej funkcji korelacji możliwa będzie interpretacja wyników i wyciągnięcie wniosków. Istnieje wiele tego rodzaju modeli. Najbardziej popularne są tzw. modele HOD (halo occupation distribution), które w pierwszym etapie wykorzystamy w naszej pracy. Dodatkowo jednak planujemy udoskonalenie standardowych form używanych modeli HOD poprzez modyfikację jego kluczowych składowych. To zadanie stało się bardzo ważne, jako że 'standardowe' modele powoli się starzeją. Konieczne jest wprowadzenie do nich poprawek ze względu na szybko wzrastającą liczbę bardzo dużych przeglądów galaktyk (liczących setki tysięcy obiektów), które pozwolą na bardzo dokładne pomiary funkcji korelacji. Dlatego wymagane będzie stworzenie bardziej szczegółowych modeli opisujących te funkcje.

Podsumowując: wiążącymi planowanych w tym projekcie pomiarów będzie jednym z pierwszych przeprowadzonych z dużą dokładnością dla wczesnych epok formowania i ewolucji galaktyk. Jako takie będą one stanowiły ważny punkt odniesienia w badaniu koewolucji galaktyk i wielkoskalowej struktury Wszechświata we wczesnych etapach jego formowania (tzn. kiedy liczył sobie tylko 1,5 miliardów lat) oraz pozwolą zrozumieć procesy, które kierowały

formowaniem gwiazd i gromadzeniem materii w galaktykach w tamtym okresie. Wszystkie te informacje mogą zostać wykorzystane m.in. do ulepszenia modeli formowania galaktyk oraz symulacji kosmologicznych, które są wciąż bardzo niedokładne, zwłaszcza w opisie wczesnych etapów ewolucji Wszechświata i mogą zostać ulepszone tylko poprzez dostarczenie solidnych danych obserwacyjnych. Pomiar i wyniki tego projektu mogą być również postrzegane jako wzór i baza porównawcza dla przyszłych badań nadchodzących wraz z budową i uruchomieniem nowych wielkich jednostek obserwacyjnych takich jak np. James Webb Space Telescope (JWST) lub Extremely Large Telescopes (ELTs).