

Formowanie się obszarów gwiazdotwórczych oraz ich ewolucja na podstawie czerwonych pasywnych galaktyk obserwowanych w zakresach przesunięć ku czerwieni do $z \sim 1$

Jednym z największych problemów współczesnej astronomii jest brak dokładnego modelu opisującego w jaki sposób uformowały się i ewoluowały galaktyki. Do tej pory astronomowie poszukują szczegółowego i wyczerpującego obrazu procesu tworzenia się galaktyk i ich ewolucji, które prowadzi do powstania obecnych galaktyk eliptycznych i spiralnych wzdłuż zasadniczo różnych ścieżek ewolucyjnych. W rozprawie śledzę historię formowania się populacji gwiazdowych w czerwonych pasywnych galaktykach na przestrzeni 8 miliardów lat ($0 < z < 1$) na podstawie spektroskopowych informacji z dużych przeglądów galaktycznych ($z \sim 0$: przegląd SDSS; $z \sim 1$: przegląd VIPERS). Celem przedstawionej rozprawy jest określenie ścieżek ewolucyjnych na podstawie:

- (1) wyznaczenia epoki gwiazdotwórczej w czerwonych pasywnych galaktykach na podstawie analizy wskaźników spektroskopowych w funkcji przesunięcia ku czerwieni i masy (Siudek et al., 2017a), oraz poprzez
- (2) potraktowanie rodziny czerwonych pasywnych galaktyk jako niejednorodnej populacji, w której można wyróżnić pośrednie stany ewolucyjne, tj. klasyfikacja galaktyk na przesunięciu ku czerwieni $z \sim 1$ (Siudek et al., 2017b).

W celu realistycznego odzwierciedlenia historii formowania się gwiazd w czerwonych galaktykach pasywnych, przeanalizowałam własności różnicy koloru U-V (różnica jasności w dwóch różnych zakresach długości fali widma galaktyki), jak i dwóch wskaźników spektroskopowych (przerwa obserwowana na długości fali 4000Å i linia H δ [4102Å]) na „posumowanych” widmach kompletnej, „czystej” (nie zawierającej widm pyłowych galaktyk późnego typu) próbki 3,991 czerwonych pasywnych galaktyk obserwowanych w ramach przeglądu VIPERS. Porównanie wyznaczonych wskaźników spektroskopowych z biblioteką modeli syntetycznych pozwala śledzić ewolucję czerwonych pasywnych galaktyk na przestrzeni ostatnich 8 miliardów lat, jak i określić zależność epoki gwiazdotwórczej (z_{form}) od masy gwiazdowej analizowanych galaktyk. Przy założeniu powszechnie używanego scenariusza historii formowania gwiazd w galaktykach, pokazałam, że masywne czerwone pasywne galaktyki uformowały swoje gwiazdy na $z_{\text{form}} \sim 1.7$, natomiast ten sam proces dla mniej masywnych galaktyk zakończył się na $z_{\text{form}} \sim 1$. Konsystentne wyniki, otrzymane na podstawie dwóch niezależnych wskaźników spektroskopowych, dodatkowo wspierają scenariusz, w którym aktywność gwiazdotwórcza wraz z upływem czasu przesuwana się od bardziej masywnych do mniej masywnych obiektów (jest to tzw. scenariusz downsizingu).

W celu wyznaczenia ścieżek ewolucyjnych prowadzących do powstania czerwonych pasywnych i niebieskich aktywnych gwiazdotwórczo galaktyk, w rozprawie zaproponowałam nowe podejście do klasyfikacji obiektów pozagalaktycznych. Podział oparty na małej liczbie parametrów, nawet starannie dobranych, nie jest w stanie odzwierciedlić całego wachlarza różnorodności obserwowanych galaktyk. Rozwój uczenia maszynowego i eksponencjalny wzrost danych astronomicznych umożliwia zastosowanie nowych algorytmów grupowania. W rozprawie przedstawiłam nowatorską metodę podziału galaktyk opartej na wielowymiarowej przestrzeni jasności absolutnych zmierzonych w ramach projektu VIPERS (obserwacje w 12 różnych filtrach i przesunięcie ku czerwieni). Nienadzorowany klasyfikator wyróżnił trzy główne grupy galaktyk: od spiralnych, przez przejściowe do eliptycznych. W każdej z nich znalazł kolejne podklasy (4, 3, 4, odpowiednio dla eliptycznych, przejściowych i spiralnych, oraz dodatkową klasę 12 złożoną

głównie z szeroko-liniowych aktywnych jąder galaktyk (broad-line active galactic nuclei, AGN). Fizyczne właściwości wyodrębnionych klas zmieniają się stopniowo od niebieskich aktywnych gwiazdotwórczo do czerwonych pasywnych populacji. Taki podział nie mógłby zostać przeprowadzony na podstawie tradycyjnych metod, gdyż na dwuwymiarowych diagramach kolor-kolor, stosowanych powszechnie w astronomii, grupy te pokrywają się ze sobą. Zaproponowana klasyfikacja może pozwolić na zbadanie różnych stanów ewolucyjnych galaktyk i stworzenie bardziej kompletnego obrazu formowania się i ewolucji galaktyk.

Siudek, M., Małek, K., Krakowiak, T., et al. 2017a, in prep.

Siudek, M., Małek, K., Scodreggio, M., et al. 2017b, A&A, 597, A107