

Warszawa, 2 kwietnia 2024

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego
dr Doroty Koziel-Wierzbowskiej
ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w
dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie Astronomia.**

Podstawa: Recenzję opracowałam w związku z decyzją o powołaniu mnie na recenzentkę w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr Dorocie Koziel-Wierzbowskiej. Opinię przygotowałam w oparciu o tekst Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. z późniejszymi zmianami, ze szczególnym uwzględnieniem art. 219 ust. 1 pkt 2.

Uwagi wstępne:

Dr Dorota Koziel-Wierzbowska uzyskała stopień doktora w roku 2008, na Uniwersytecie Jagiellońskim, pod kierunkiem prof. dr hab. Jerzego Machalskiego. Tematem pracy było „Optical spectroscopy of the giant radio galaxies”.

Dr. Wierzbowska jest autorką 44 prac recenzowanych, 35 z tych prac powstały po uzyskaniu stopnia doktora. W sumie, wg ADS, jest autorką/współautorką 58 publikacji, prace te zostały zacytowane w sumie 908 razy, a indeks Hirscha wynosi 18 (wg. ADS, dane z dnia 25 marca 2024). Statystyka wg WOS daje podobne wyniki (707 oraz, $H = 16$, na dzień 25 marca; kandydatka podaje nieco wyższe dane: 1 314 i $H = 20$, ale nie ma to wielkiego znaczenia). Parametrycznie jest to bardzo dobry dorobek na tym etapie kariery. Poniżej omawiam merytorycznie osiągnięcia kandydatki.

Ocena rozprawy habilitacyjnej:

Rozprawa habilitacyjna dr. Wierzbowskiej jest poświęcona „Badaniu własności AGN-ów aktywnych radiowo z uwzględnieniem morfologii radiowej źródeł”, a składa się na nią 5 publikacji, przedstawionych w porządku chronologicznym, w których dr. Wierzbowska jest pierwszą autorką i do których wniosła dominujący wkład, zarówno na etapie koncepcji, jak i wykonania.

Temat jest ważny i ciekawy, ponieważ stanowi jedną z metod określenia związku pomiędzy aktywnością jądra a ewolucją całej galaktyki macierzystej. Związek ten jest trudny do badania, ponieważ aktywność jądra ma charakter, jak się uważa, aktywności okazjonalnej (ang. intermittent), a wpływ tej aktywności może, a nawet zapewne musi następować z opóźnieniem. Z kolei wpływ aktywnego jądra na ewolucję galaktyki, w szczególności tempo powstawania w niej gwiazd, jest niezwykle istotny, na co wskazuje modelowanie ewolucji galaktyk i formowania struktury wielkoskalowej we Wszechświecie. Dlatego problem jest nadal otwarty i intensywnie badany, nie jest nawet jasne, czy większe znaczenie mają aktywne galaktyki radio głośne, których dżety oddziałują mechanicznie z ośrodkiem międzygwiazdowym, a nawet międzygalaktycznym, czy znacznie liczniejsze galaktyki aktywne radio ciche (bez silnych dżetów), które wpływają przede wszystkim radiacyjnie na ośrodek międzygwiazdowy, ale są także źródłami nieskolimowanego wiatru. Zagadką jest też nadal samo istnienie tych dwóch rodzajów aktywnych galaktyk, a proponowane hipotezy wyjaśniające ten podział nie są udowodnione.

Dla mnie najciekawszym wynikiem jest wykazanie w pracy [H3], że efektywność produkcji dżetu nie jest powiązana jedynie z wartością stosunku jasności aktywnego jądra do jasności Eddingtona, co jest jedną z rozważanych hipotez bimodalnego podziału aktywnych galaktyk. Wykazanie tego wymagało nie tylko zgromadzenia odpowiednio dużej próbki obiektów z dżetami i próbki porównawczej obiektów bez silnych dżetów. Kluczowa była metoda analizy porównawczej, czyli grupowanie obiektów najpierw w w podklasy o podobnym stosunku Eddingtona i masie czarnej dziury, aby uniknąć faktu, że statystycznie galaktyki eliptyczne są częściej radiowo głośne, mają masywniejsze czarne dziury i mają niskie tempo akrecji na czarną dziurę. Dopiero na tak pogrupowanym materiale można było osiągnąć właściwy wynik. W dyskusji dr Koziel-Wierzbowska wyciąga wniosek, że zatem za wydajne formowanie się dżetu odpowiada albo spin centralnej czarnej dziury, albo natężenie wielkoskalowego pola magnetycznego, wmrózonego w akreującą materię i kumulującego się w pobliżu czarnej dziury. Zebrane obserwacje nie dają możliwości rozstrzygnięcia, który z tych dwóch mechanizmów odgrywa decydującą rolę.

Pozostałe publikacje są jednak też interesujące. Prace [H1], [H4] i [H5] ilustrują stopniowy postęp w gromadzeniu danych i badaniu własności radiostruktur, także w kontekście własności tych galaktyk w zakresie optycznym. W pracy [H1] habilitantka tworzy próbkę 401 radiogalaktyk Fanaroff–Riley type II (FR II) selekcionując je z Katalogu Cambridge i uzupełniając ich własności w zakresie optycznym widmami z SDSS, co pozwoliło na wyznaczenie szeregu parametrów galaktyk macierzystych. Analiza pokazała, że dla radiogalaktyk mamy również znany z badań obiektów radiowo cichych silny związek pomiędzy masą centralnej czarnej dziury a masą gwiazd. Natomiast szereg innych własności wykazuje znaczny rozrzut, jak stosunek Eddingtona czy intensywności linii emisyjnych.

W pracy [H4] dr Koziel-Wierzbowska proponuje nowy katalog radiogalaktyk, oparty o selekcję obiektów z SDSS, FIRST i NVSS, zawierający obiekty o zmierzonym przesunięciu ku czerwieni, oraz sklasyfikowane w zakresie radiowym i optycznym pod względem morfologicznym. Ten wielki, liczący 32 616 obiektów starannie (ręcznie !) przygotowany katalog, największy w swoim rodzaju, będzie w przyszłości stanowił podstawę dalszych badań. Część źródeł jest nowo zidentyfikowana, a obiekty są szczególnie interesujące, np. znaleziono 55 nowych gigantycznych radioźródeł, 9 nowych obiektów o kształcie X oraz 25 nieznanymi wcześniej obiektów o kształcie Z. Praca ta powstała w wyniku prowadzenia projektu ROGUE, którego dr Koziel-Wierzbowska jest liderką. Trwa dalsza praca nad poszerzeniem katalogu przez wzbogacenie go m.in. o identyfikację obiektów radiowych odpowiadających kwazarom. Stworzony katalog jest wartościowy sam w sobie, a w sytuacji nadchodzących ogromnych przeglądów nieba jak SKA (w radio) i LSST (w optyce) może posłużyć do uczenia algorytmów automatycznej klasyfikacji, jako że ręczna klasyfikacja przy takiej ilości danych nie będzie możliwa.

Praca [H5] jest poświęcona kolejnemu trudnemu zagadnieniu, jakim jest ustalenie, czy (a najlepiej, w jakiej proporcji) emisja radiowa pochodzi z aktywnego jądra, czy z aktywności gwiazdotwórczej. W przypadku radiogalaktyk o bardzo rozciąglej strukturze odpowiedź jest prosta, ale w przypadku radioźródeł zwartych tak nie jest, i katalog przedstawiony ww wcześniej omawianej pracy [H4] nie precyzuje charakteru emisji. Celem nowej pracy było znalezienie w miarę prostego kryterium, pozwalającego ten problem rozstrzygnąć. W pracy zaproponowano dwa rozwiązania, do zastosowania w zależności od posiadanych danych, z możliwością stosowania ich łącznie. Metoda pierwsza o nazwie MIRAD wykorzystuje korelację między mid-IR i radio, natomiast druga (DLM) jest wykorzystaniem znanej już metody łączącej wskaźnik $D_n(4000)$ czuły na wiek populacji gwiazdowych oraz jasność radiową na jednostkę masy gwiazdowej. Autorzy proponują optymalną pozycję podziału na obu diagramach, otrzymaną w oparciu o katalog z pracy [H4], uzupełniony pozostałymi wymaganymi danymi obserwacyjnymi. Praktyczność podejścia już została zauważona w literaturze, choć praca ukazała się dopiero niedawno.

Publikację [H2] omawiam na końcu, ponieważ w odróżnieniu od pozostałych prac ta jest poświęcona jednemu tylko obiektowi, ale za to wybitnie interesującemu. Dr Koziel-Wierzbowska jest jego odkrywczynią. Obiekt o nazwie CGCG 292-057 to radiogalaktyka o złożonej strukturze, wykazuje strukturę typu X, a w dodatku dowody dwóch epizodów aktywności w samym obszarze wewnętrznym, w postaci tzw. morfologii podwójno-podwójnej. Obiekt ma zatem charakter unikatowy. Obrazy otrzymane z teleskopu na Suchorze i z teleskopu LCOGT wykazują wyraźnie, że pierwotnie spiralna struktura galaktyki została zaburzona przez merdżer. Źródło badane było później przez szereg innych autorów i wykazuje inne zaskakujące własności, choćby fakt zajścia zjawiska merdżera w sytuacji, gdy otoczenie galaktyki CGCG 292-057 charakteryzuje się niską gęstością (Giri et al. 2024).

Szersza aktywność naukowa:

Dr Koziel-Wierzbowska nie była zatrudniona w innych instytucjach, w szczególności poza Polską. Jednakże jest ona cenionym w międzynarodowym środowisku obserwatorem, a współautorzy jej prac pochodzą z wielu krajów. Jej najbardziej cytowana praca (nie wchodząca w skład rozprawy habilitacyjnej), o bardzo znanym obiekcie OJ 287, podsumowująca pięcioletni okres obserwacji tego obiektu, liczy wielu autorów, a powstała pod kierunkiem astronoma z fińską afiliacją. To ilustruje dobrze powiązanie dr Wierzbowskiej z astronomią światową. W latach 2007 – 2013 dr Koziel-Wierzbowska regularnie spędzała od 2 do 6 tygodni co roku w LUTH, Observatoire de Paris, Meudon, we Francji, później w roku 2016 jeszcze wizytowała ten sam instytut ponownie przez dwa tygodnie, a w roku 2003 odbyła miesięczny staż w Max Planck Institute for Radioastronomy, Bohn, Niemcy. Jest członkiem Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego.

W roku 2023 w Krakowie miała miejsce prestiżowa doroczna konferencja organizowana przez Europejskie Towarzystwo Astronomiczne, i udział dr Doroty Koziel-Wierzbowskiej w tym wydarzeniu był niezwykle istotny: była członkiem Komitetu Naukowego (SOC), oraz Przewodniczącą Komitetu Organizacyjnego (LOC). Doskonale wywiązała się z tego zadania.

Podsumowanie:

Dr Dorota Koziel-Wierzbowska ma stopień doktora, otrzymany w roku 2008 na Uniwersytecie Jagiellońskim, przedstawiła rozprawę habilitacyjną w formie cyklu pięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. B. Prace te stanowią znaczący wkład do dyscypliny astronomia. Trzy z prac dr Koziel-Wierzbowskiej, w tym dwie wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego, znalazły się w najnowszej pracy przeglądowej na temat radiogalaktyk (R.D. Baldi, 2023, *Astronomy and Astrophysics Review*, 31, aid.3). Zatem w mojej opinii dr Koziel-Wierzbowska spełnia kryteria, jakie ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym stawia kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

prof. dr hab. Bożena Czerny