



***Recenzja rozprawy doktorskiej zatytułowanej  
„Badanie funkcji świecenia gromad galaktyk”  
autorstwa pani mgr Joanny Popieli***

**Uwagi ogólne dotyczące pracy doktorskiej**

Praca doktorska dotycząca badania gromad galaktyk liczy 65 stron numerowanych. Praca napisana jest w języku polskim, zasadniczo, w pierwszej osobie l. pojedynczej. Układ pracy, stylistyka i szata graficzna są dostateczne.

Praca została napisana pod opieką dr hab. Włodzimierza Godłowskiego, prof. Uniwersytetu Opolskiego.

Praca składa się ze strony tytułowej, oświadczenia, podziękowania, streszczenia w j. polskim i w j. angielskim, spisu treści, wstępu, dwóch rozdziałów zawierających opis podstaw będących przedmiotem badań, pięciu rozdziałów zasadniczych oraz bibliografii.

W Streszczeniu podany jest cel pracy oraz opisana w skrócie charakterystyka rozprawy.

We Wstępie opisano w skrócie wartość naukową płynącą z dotychczasowych analiz funkcji świecenia (FS) dla galaktyk i radioźródeł pozagalaktycznych oraz przedstawiono argumenty za celowością badania FS dla gromad galaktyk.

W Rozdziale pierwszym, zatytułowanym „Galaktyki i ich gromady”, zostało zamieszczone obszernie kompendium aktualnej wiedzy astrofizycznej z zakresu fizyki galaktyk (w podrozdziale pierwszym) i gromad galaktyk (w podrozdziale drugim), podano opis fundamentalnych wielkości fizycznych używanych w opisie własności tych obiektów, scharakteryzowano podstawowe ich typy morfologiczne oraz przedstawiono charakterystykę najbardziej rozpoznawalnych katalogów gromad galaktyk. Opis wzbogacony został szeregiem podstawowych wzorów.

Dalej, w Rozdziale drugim (pt. „Formowanie struktur wielkoskalowych we Wszechświecie”), przedstawiono opis kilku modeli formowania się wielkoskalowych struktur oraz omówiono możliwości ich weryfikacji na podstawie obserwacji, np. grupowania się galaktyk, ustawienia osi rotacji galaktyk. Doktorantka podkreśla, na końcu tej części pracy, że istotny wkład do badań nad strukturą wielkoskalową Wszechświata może wnieść badanie FS i porównanie parametrów FS skonstruowanych dla różnych klas obiektów astronomicznych.

Rozdział czwarty zawiera szczegółowy opis obszernego katalogu gromad galaktyk Muenster Red Sky Survey (MRSS), który stanowi dla p. Popieli podstawę do konstruowania FS gromad galaktyk.

Zagadnienia związane z tworzeniem FS są obszernie opisane w kolejnym rozdziale.

Rozdziały od piątego do siódmego stanowią zasadniczą część rozprawy. W tych częściach swojej pracy Autorka podaje precyzyjny opis konstrukcji oraz parametry FS dla gromad galaktyk oraz różnych ich typów zaczerpniętych z katalogu MRSS (rozdział piąty). Następnie koncentruje się na badaniu związku orientacji osi rotacji galaktyk wchodzących w skład gromad z typem morfologicznym tych gromad (rozdział szósty).

W czterostronicowym Podsumowaniu Pani Popiela opisuje najważniejsze rezultaty, które uzyskała oraz porównuje je z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy.

Na końcu rozprawy umieszczono spis publikacji. W jego części A (zawierającej 12 pozycji) podane są cytowane w rozprawie publikacje, których współautorką jest Doktorantka. Wśród nich na uwagę zasługuje publikacja, pt. *Investigation of the orientation of galaxies in clusters: the importance, methods and results of research*, której autorami są: Pajowska, P., Godłowski, W., Zhu, Z.-H., Popiela, J., Panko, E., Flin, P., opublikowana w 2019 r. (w *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 02, 005) posiadająca 4 cytowania (wg bazy ADS na 28.04.2023). Część B spisu literatury - licząca 176 pozycji - zawiera cytowane w rozprawie publikacje innych autorów.

### **Problematyka pracy doktorskiej**

Doktorantka w rozprawie postawiła sobie zadanie polegające na próbie skonstruowania tzw. obserwacyjnej FS i zbadania jej charakterystyki.

Ogólnie, FS jest zależnością opisującą liczbę obiektów danego typu posiadających daną jasność absolutną. Powszechnie do przedstawienia FS używa się zależności podanej przez Schechtera (1976, ApJ, 203, 297). FS najczęściej konstruowano dla gwiazd i galaktyk oraz różnych ich typów (np. galaktyk macierzystych radioźródeł). Konstruowano również FS na falach EM innych niż optyczne, np. radiową FS dla radioźródeł pozagalaktycznych. Powszechnym jest też tworzenie tzw. lokalnej FS dla obiektów posiadających niewielkie przesunięcie ku czerwieni  $\sim 0$  oraz „kosmologicznej” FS dla obiektów posiadających większe przesunięcia ku czerwieni. Porównując lokalną FS z „kosmologiczną” można badać ewolucję kosmologiczną (np. gęstości lub jasności) różnych klas obiektów. Badania FS należą do tzw. zagadnienia *testów kosmologicznych*, przy czym konstrukcja obserwacyjnej FS należy do zagadnień niełatwych. Powodem tego jest konieczność znajomości jasności absolutnej, czyli jasności widomej danego obiektu i jego przesunięcia ku czerwieni. Wyznaczanie przesunięcia ku czerwieni (szczególnie spektroskopowego) dużej ilości obiektów jest nadal procesem czasochłonnym. Prostszy, acz naukowo ważki, analizami są tzw. zliczenia, dla których istotna jest znajomość tylko jasności obserwowanej i liczby obiektów posiadających daną jasność.

Pani Popiela, odmiennie jak robiono to do tej pory, skonstruowała FS nie dla pojedynczych galaktyk, ale dla całych gromad galaktyk. Jako próbki badawczej użyła 6160 stosunkowo bliskich gromad galaktyk pochodzących z katalogu MRSS. Przesunięcia ku czerwieni tych gromad wyznaczono metodami fotometrycznymi. W swoich badaniach Doktorantka założyła, że gromady galaktyk mogą być poprawnie reprezentowane tylko przez ich materię świecąca na falach optycznych (przy zaniedbaniu zwykłej materii międzygalaktycznej i ciemnej materii, które są dominującymi składnikami masy gromad). O ile powyższe założenie wydaje się być uprawnionym dla indywidualnych galaktyk, to dla całych gromad galaktyk zdominowanych przez ciemną materię kwestia ta może być dyskusyjna.

Skonstruowana przez p. Popiele obserwacyjna FS dla gromad galaktyk różni się od tradycyjnej postaci zaproponowanej przez Schechtera dla galaktyk wyselekcjonowanych w dziedzinie światła widzialnego oraz galaktyk macierzystych dla radiogalaktyk. Doktorantka stawia pytanie, co może być tego powodem. Sposób wyjaśnienia p. Popieli różni w uzyskanych przez Nią



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

ul. Orła 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.aa.uj.edu.pl>



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

FS, oparty na zagadnieniu najjaśniejszych galaktyk, wydaje mi się nie do końca poprawny. Galaktyki macierzyste radioźródeł są najczęściej najjaśniejszymi masywnymi galaktykami eliptycznymi ulokowanymi w centrach gromad galaktyk.

Pani Popiela analizowała również zróżnicowanie kształtu FS pod względem typu morfologicznego gromad galaktyk. Nie wykazała jednak istotnych różnic między FS konstruowanymi dla różnych typów gromad. Dodatkowo zbadała uporządkowanie orientacji osi rotacji galaktyk w podpróbce 247 licznych (pow. 100 galaktyk) gromadach w zależności od typu Bautz-Morgana gromady. Ogólnie, Doktorantka otrzymała wynik stanowiący, że stopień uporządkowania spinów galaktyk jest niezależny od typu gromady.

Podsumowując, uzyskane wyniki mogą stanowić bazę do szeregu dalszych analiz. W szczególności można przykładowo porównać własności optyczne i radiowe badanych gromad. Badania przeprowadzone przez Doktorantkę dla gromad galaktyk nieba południowego mogą być cenne również także z powodu koncentracji astronomicznej infrastruktury obserwacyjnej na południowej półkuli Ziemi i spodziewanej w najbliższych latach eksplozji masowych wielozakresowych przeglądów nieba.

### **Ocena pracy doktorskiej**

Zgodnie z obowiązującą ustawą powinienem ocenić czy przedstawiona rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz czy Kandydatka wykazuje teoretyczną wiedzę w danej dyscyplinie i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Pani Joanna Popiela wybrała jako przedmiot swojej analizy i pracy badawczej ciekawe oryginalne zagadnienie, dobrze zdefiniowała problem naukowy, dobrze przemyślała strategię jego rozwiązania i użyła dla osiągnięcia stawianego sobie celu odpowiednich narzędzi. Świadczy to o Jej kompetencjach naukowych i samodzielności. Uważam więc, że wymogi w. w. ustawy zostały przez p. Joannę Popielę spełnione.

### **Uwagi krytyczne**

Niestety Autorka nie ustrzegła się w pracy nieścisłości i nieprecyzyjnych sformułowań. Poniżej wymieniam niektóre z nich.

#### **Uwagi/pytania merytoryczne:**

1) Autorka używa w rozprawie nieprecyzyjnych sformułowań. Dla przykładu na str. 7 pojawia się zdanie „Należy tu podkreślić, że podczas gdy dla indywidualnych obiektów takich jak galaktyki optyczne czy radiogalaktyki funkcja świecenia była badana wielokrotnie...”. Zdanie to może sprawiać wrażenie, że radiogalaktyki to obiekty niezwiązane z galaktykami, a już na pewno z „galaktykami optycznymi”. Galaktyki - skupiska gwiazd, ośrodka międzygwiazdowego i ciemnej materii można obserwować w różnych zakresach fal EM, np. optycznym, radiowym, rentgenowskim. Radiogalaktyki to najczęściej rozległe struktury radiowe emanujące z centrów niektórych galaktyk. Możemy tworzyć FS dla galaktyk macierzystych stowarzyszonych z radiogalaktykami.

ul. Orła 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.oa.uj.edu.pl>

2) Mam ogólną uwagę co do sposobu zapisu wzorów w rozprawie doktorskiej. Autorka nie numeruje wzorów, zapisuje je w różnej stylistyce, niektóre, nie wiedzieć dlaczego, wyszczególnia w druku.

3) Podpis pod Rys.1 jest nieprecyzyjny. Przedstawia on nie „Katalog gromad galaktyk”, a raczej „Rozkład gromad galaktyk”. Na osi poziomej podano rektascensję ( $\alpha$ ). Tradycyjnie podaje się jej zakres od  $0^h$  do  $24^h$  lub w stopniach łuku - jak mamy do czynienia w tym przypadku. Tutaj jednak pojawiają się ujemne wartości rektascensji. Ponadto brak epoki dla współrzędnych.

4) Na str. 28 opisana jest tzw. „poprawka K”,  $K(z)$ , stosowana przez Doktorantkę w wyznaczaniu jasności absolutnej galaktyk. Aby ją uwzględnić dla danej długości fali obserwacji (danego filtru) należy - czego Doktorantka prawdopodobnie nie zastosowała - uwzględnić kształt widma obiektu (tzw. jego kolor), który jest zależny od indywidualnych cech danej galaktyki.

5) Na str. 31 pojawia się sformułowanie: „Przyczyną jest fakt, że aby galaktyka była obserwowana jako radiogalaktyka to musi mieć ona nie tylko jasność optyczną większą niż  $m_{\min}$  ale również jasność radiową większą niż graniczna wartość  $L_{\min}$ .”. By dana galaktyka była galaktyką macierzystą radiogalaktyki musi być galaktyką aktywną radiowo.

6) Mam wątpliwości dotyczące wyznaczania przez Doktorantkę orientacji galaktyk w przestrzeni. Na str. 56 podano: „Nasz model zakłada, że normalne do płaszczyzn galaktyk są ich osiami obrotu, ...” i nieco dalej: „Ponieważ mamy jednoznaczność relacji między momentem pędu a orientacją galaktyki w przestrzeni ...”. Otóż nie jest jasne, o którą płaszczyznę galaktyki chodzi – zapewne o płaszczyznę równikową. Nie jest też powiedziane o jaki składnik chodzi w przypadku momentu pędu? Zapewne o gwiazdy. Istnieją galaktyki, których momenty pędu gwiazd i ośrodka międzygwiazdowego nie są równoległe, a czasami nawet są antyrównoległe.

#### Uwagi edytorskie i inne:

1) Na str. 1 zapisano tytuł rozprawy: „Badanie Funkcji Świecenia Gromad Galaktyk”. Na str. 2 - w Oświadczeniu - wpisano go nieco odmiennie: „Wyznaczanie Funkcji Świecenia Gromad Galaktyk”.

2) W „Spisie treści” podano nazwy niektórych sekcji odmiennie niż jest to przedstawione w tekście, np. „II.1 Scenariusze formowania galaktyk”, a na str. 19 - „Scenariusze formowania się galaktyk i ich struktur”. W spisie treści brak również wyszczególnienia niektórych pod-pod rozdziałów np. II.1.1 – II.1.4.

3) Ogólnie praca pisana jest w pierwszej osobie liczby pojedynczej, np. na str. 7: „Postanowiłam skonstruować i zbadać funkcję świecenia dla gromad galaktyk”. Jednakże w wielu miejscach stosowana jest narracja w pierwszej osobie liczby mnogiej, np. na str. 14: „Więszymi strukturami są grupy („groups”) i gromady („clusters”) galaktyk i tymi strukturami zajmujemy się w niniejszej pracy.”

4) Na str. 7 podano referencje „Press & Shechter (1974)” i „Schechter (1976)”. Czy Shechter i Schechter to ta sama czy różne osoby?



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

ul. Orła 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.aa.uj.edu.pl>



5) Niektóre sformułowania są pozbawione sensu, np. na str. 58 pojawia się zapis: „Ten wynik ma potencjalnie duże znaczenie dla testowania scenariuszy formowania wielkoskalowych struktur we Wszechświecie, gdyż sugeruje iż za formowanie gromad galaktyk odpowiada inny mechanizm niż za formowanie się gromad galaktyk, a co najmniej, że proces formowania się gromad galaktyk jest przez taki proces zdominowany.”

6) W wielu miejscach pojawiają się błędy stylistyczne np.

- na str. 9: „W rezultacie implikuje to zależność między halo ciemnej materii a rozkładem jasności orientacja świecącej materii (rzeczywistych galaktyk) ...”;

- na str. 12: „Galaktyki spiralne dzielą się na trzy podtypy a b c (ewentualnie czasem dodaje się czwarty podtyp d) które określają stopień wykształcenia ramiona spiralne.”.

7) Doktorantka często błędnie lub w ogóle nie stosuje znaków interpunkcyjnych, np. nie zamieszcza przecinków przed słowem „który”, zaczynającym zdanie podrzędne w zdaniach wielokrotnie złożonych.

8) Na str. 24 mamy sprzeczne twierdzenia co do katalogu MRSS w rezultacie nie wiadomo czy pokrywa on obszar „prawie 5000 stopni kwadratowych” czy „ponad 5000 stopni kwadratowych”?

9) Powszechnie występują błędy, zwane potocznie literówkami, np.:

- na str. 33 „Wartości funkcji gamma, diagammy i jej pochodnej dla danego parametru zostały wliczone ...” powinno być „wyliczone”;

- na str. 35 „Jak pomniałam już w poprzednim rozdziale ...” powinno być „wspomniałam”;

- na str. 24. „mozaika Voronoy'a”, a na str 25. „teselacja Voronoia”.

10) Zapis podawanych referencji w *Bibliografii* jest w dużym stopniu niejednorodny.

Wyżej wymienione mankamenty edytorsko-stylistyczne - mimo, że rażące - nie uniemożliwiają zrozumienia merytorycznego rozprawy. Proszę, by podczas publicznej obrony Doktorantka odniosła się tylko do uwag merytorycznych.

### **Podsumowanie**

Przedstawiona rozprawa spełnia zwyczajowe i formalne kryteria stawiane pracy doktorskiej. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pani Joanny Popieli do dalszych etapów postępowania, w tym publicznej obrony.