



Warszawa, 23.06.2023

UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
KRAKOWIE

serwatorium

troniczne

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Mariusa Pepera

pod tytułem „The role of cosmic voids in galaxy formation and gravitational lensing”

Rozprawa doktorska mgr. Mariusa Pepera opisuje oryginalne, oparte na symulacjach, badania pustek kosmicznych, a w szczególności analizę własności fizycznych galaktyk w pustkach i badania wkładu pustek do sygnału słabego soczewkowania grawitacyjnego. Symulacje wykorzystane w pracy zostały w znacznej mierze skonstruowane przez Autora, z wykorzystaniem istniejących narzędzi, bibliotek i pakietów.

Praca jest napisana w języku angielskim. Składa się z siedmiu rozdziałów, a ponadto z abstraktu w języku polskim i angielskim, bibliografii oraz spisów rysunków i tabel użytych w tekście. Rozdział 1, zatytułowany "Introduction", stanowi de facto krótkie omówienie pracy. Rozdział 2 przedstawia elementy podstaw kosmologii. W rozdziale 3 Autor omawia stosowane przez siebie w pracy - w szczególności do celów tworzenia symulacji - metody, narzędzia informatyczne i biblioteki. Główne wyniki pracy Autora zostały przedstawione w rozdziałach 4, 5 i 6, natomiast dodatkowy rozdział "Conclusion" stanowi podsumowanie rozprawy. Treść rozdziału 3 stanowiła podstawę napisanej przez kandydata wspólnie z promotorem publikacji, która ukazała się w roku 2021 w MNRAS. Dwa kolejne rozdziały opierają się na publikacjach jeszcze nie zaakceptowanych do druku (obie zostały już umieszczone w publicznym archiwum arXiv).

Rozprawa, wraz ze spisem literatury liczy 135 stron. Jest napisana dobrą angielszczyzną, rysunki są przeważnie klarowne i wyraźne.

Opis pracy i uwagi ogólne

Jak wspomniano powyżej, pierwszy rozdział stanowi właściwie krótki - niespełna 2,5 stronicowy - przewodnik po pracy. Rolę wprowadzenia miał zapewne w zamyśle Autora odegrać rozdział 2 zatytułowany "Cosmology". Elementy teoretycznego wprowadzenia rozsiane są również po rozdziale 3, gdzie przy okazji

Orla 171
30-244 Kraków
+48(12) 425-14-57

+48(12) 425-13-18



omawiania rozmaitych elementów stosowanego przez siebie oprogramowania podaje też częściowe wyjaśnienia fizycznych podstaw mechanizmów, które to oprogramowanie ma pomóc modelować.

NIWERSYTET Jagielloński
Muszę przyznać, że rozdziały te - zostawiły mnie, jako recenzenta, z głębokim
GIELLON PRZUCIEM niedosytu.

KRAKOWIE

Mam tu kilka podstawowych uwag, które w mniejszym zakresie stosują się też
do dalszych rozdziałów pracy:

1. Metodologia pisania tekstów naukowych - zarówno artykułów jak i rozpraw
doktorskich - wymaga starannego opatrywania tekstu odnośnikami do literatury.
Pierwsze założenie czytelnika powinno być takie, że wszystko, co nie ma wskazanego
odnośnika literaturowego, jest oryginalną myślą czy też wkładem autora - a w takim
wypadku powinno być odpowiednio wyprowadzone, udowodnione albo
uargumentowane. Jest to szczególnie istotne w przypadku rozpraw doktorskich, kiedy
to kandydat do stopnia doktora powinien wykazać się znajomością swojego pola
badań i nawet nadmiarowo - literatury przedmiotu.

Tymczasem w pracy są całe bloki tekstu bez jednego odnośnika literaturowego,
podczas gdy trudno zakładać, że wszystkie zawarte tam twierdzenia są oryginalnym
wkładem autora (a niekoniecznie da się je też zaliczyć do wiedzy powszechnej).
Miejscami można się domyślać, że jakaś część tekstu powstała na podstawie
konkretnych artykułów przeglądowych, mimochodem wspomnianych, ale i tam nie
ma jasnej deklaracji, że dany podrozdział oparty jest na konkretnym artykule czy też
podręczniku.

Wypisywanie pełnej listy brakującej literatury zdecydowanie przekracza zadania
recenzenta, ale brakuje niekiedy odnośników absolutnie oczywistych - np. na stronie
48 mamy wspomniany profil Navarro-Frenk-White, podczas gdy artykuł Navarro,
Frenk & White (1996) nie jest nigdzie w pracy zacytowany; na stronie 55 mamy
wprowadzony czas chłodzenia (cooling time) - znów bez zacytowania artykułu, który
mógłby być źródłem równania 3.47.

2. Zakres zagadnień poruszonych w rozdziałach wprowadzających. Od wprowadzenia
do rozprawy doktorskiej spodziewałabym się przede wszystkim przedstawienia
aktualnego stanu wiedzy na temat, którym autor w rozprawie się zajmuje i
postawienia problemu, który zamierza rozwiązać. Tymczasem rozdział 2 zajmuje się
głównie - dość pobieżnym - wprowadzeniem do teoretycznych podstaw kosmologii.
Porusza kwestie mające niewielkie bezpośrednie przełożenie na dalszą część pracy -
jak kosmiczna nukleosynteza, inflacja czy definicje odległości. Natomiast opis
ewolucji struktury wielkoskalowej kończy się praktycznie rzecz biorąc tam, gdzie
powinien się zacząć. Jak wyglądała ewolucja pola materii po rekombinacji w
rozszerzającym się Wszechświecie i w jaki sposób się ją modeluje i opisuje? Jak
powstały halo ciemnej materii, a jak galaktyki w tych halo? Jak procesy zależne od
położenia w strukturze wielkoskalowej regulowały ewolucję galaktyk? Jaka jest w tej
kwestii aktualna wiedza literaturowa na podstawie teorii, obserwacji i symulacji i jakie
problemy pozostają niewyjaśnione albo sprzeczne (a autor chciałby je wyjaśnić)?

Orla 171

30-244 Kraków

+48(12) 425-14-57

+48(12) 425-13-18



Podobne braki występują w części wstępu dotyczącej soczewkowania - mamy tu właściwie tylko wprowadzenie teoretyczne. Niektóre ze wspomnianych kwestii pojawiają się później - szczerkawo - w rozdziale 3, przy okazji opisu oprogramowania, ale trudno też uznać to za wprowadzenie kompletne.

NIWERSYTET

GIELLOŃSKIE Co jest dość zaskakujące - można odnieść wrażenie, że Autor zrobił pewien przegląd literatury 6-8 lat temu i na tym poprzestał. Odniesienia do literatury bieżącej (a temat ewolucji galaktyk w sieci kosmicznej jest naprawdę gorący i literaturę ma bogatą!) są raczej skąpe i ograniczone do publikacji współpracowników Autora.

serwatorium

troniczne

Główne wyniki pracy i uwagi szczegółowe

Opis wyników własnej pracy badawczej Autora zawierają rozdziały 3-6.

Rozdział 4, oparty na artykule opublikowanym w MNRAS i napisanym wspólnie z promotorem, przedstawia wyniki analizy, przeprowadzonej w oparciu o symulację, skonstruowaną przez autora z wykorzystaniem narzędzi wprowadzonym w rozdziale 3. Autor próbuje tu odpowiedzieć na pytanie, czy galaktyki powstające w centrach pustek kosmicznych mają inne własności niż galaktyki powstające w innych miejscach struktury wielkoskalowej. Jest to niewątpliwie najbardziej dojrzała część pracy.

W związku z tym miałabym do tej części szereg bardziej szczegółowych pytań i uwag:

Jako motywację do napisania tej pracy Autor podaje poszukiwanie wyjaśnienia pochodzenia galaktyk o niskiej jasności powierzchniowej (LSBG). Jednocześnie nigdzie w pracy nie jest podana definicja takiej galaktyki. Badania LSBGs rozwijają się w ostatnich latach bardzo gwałtownie; wręcz uważa się, że będzie to jeden z wiodących tematów najbliższej dekady. Nie znajduje to odbicia w cytowanej przez Autora literaturze. Autor wprowadza pojęcie Ultra Diffuse Galaxies, ale omawiając ich relacje do LSBGs i możliwe scenariusze powstawania pomija najnowszą literaturę. Przykłady: str. 2 (gdzie Autor wydaje się łączyć LSBGs and UDGs i nie podaje żadnych odnośników literaturowych); str. 58-59 i liczne wzmianki w rozdziale 4.

W szczególności Autor w tym rozdziale testuje hipotezę, że LSBGs mają tendencję do powstawania w pustkach. Rzecz w tym, że hipotezę tę wysunięto ponad 30 lat temu, obecnie znamy wiele LSBGs znajdujących się w gromadach i zakres rozważanych obecnie scenariuszy jest znacznie bogatszy. Autor znajduje zresztą, że jego wyniki "tend to oppose the hypothesis of a general tendency to form LSBGs" w pustkach - co dobrze by rezonowało z najnowszą literaturą, gdyby tylko została wspomniana. Może autor mógłby omówić dzisiejszy stan wiedzy i w szczególności postulowaną rolę środowiska gromad (a więc też środowiska o wysokiej, a nie niskiej gęstości) dla powstawania LSBGs i UDGs?

Autor - słusznie - powołuje się na rolę zderzeń galaktyk w ewolucji ich własności. Wydaje się jednak zakładać, że prawdopodobieństwo zderzenia jest monotoniczną funkcją lokalnej gęstości galaktyk (str. 58; str. 94), co nie do końca jest prawdą

Orla 171

30-244 Kraków

+48(12) 425-14-57

+48(12) 425-13-18



(prawdopodobieństwo zderzenia zależy od lokalnych gęstości, ale również i prędkości własnych galaktyk).

Wydaje mi się dziwne (a może przeoczyłam?), że autorzy nie skorzystali z argumentu mniejszej liczby zderzeń w historii galaktyk znajdujących się w pustkach, żeby wyjaśnić mniejszy rozmiar galaktyk znajdujących się w pustce w ich symulacji w porównaniu do galaktyk w gęstszych obszarach. Tymczasem istnieje bogata literatura wiążąca rozmiar galaktyk z liczbą przebytych zderzeń. Czy Autor próbował porównać liczbę przebytych zderzeń dla galaktyk w pustkach z galaktykami o podobnej masie w gęstszych obszarach i skorelować ją z różnicami w rozmiarze?

Nie zgadzam się z przedstawionym w rozdziale 4.2.4 dylematem "Reproducibility vs. cosmic variance". Zgadzam się oczywiście, że publikowane wyniki powinny być reprodukowalne. Natomiast reprodukowalność oznacza nie tylko "osiągnięcie tego samego numerycznego wyniku przy pomocy tego samego kodu i zestawu parametrów", ale też - może nawet bardziej - osiągnięcie statystycznie zgodnego wyniku i podobnych wniosków przy pomocy przedstawionej metody. Poprawne uwzględnienie wariacji kosmicznej jest niezbędne dla określenia, jaka jest faktyczna niepewność wyników i wyciąganych wniosków i fakt, że użytkownicy, próbujący odtworzyć wynik, musieliby wykonać serię obliczeń zamiast tylko jednego nie wydaje mi się zbyt wysoką ceną. Szczegółowy przepis na "jedną realizację" zawsze można przedstawić jako dodatkowy element pracy.

Autor porównuje własności galaktyk w pustkach i w innych obszarach dla całej populacji i dla wydzielonego - ale szerokiego - zakresu mas halo. Ponieważ wiadomo, że ewolucja galaktyk jest głównie regulowana masą halo (a dopiero w dalszej kolejności innymi czynnikami), ciekawa jestem, czy Autor sprawdził, czy rozkłady mas w obu próbkach są podobne? Jeśli nie, czy próbował stworzyć do celów porównania katalogi galaktyk odpowiadających sobie masą halo (mass-matched samples), co pozwoliłoby na porównanie nieobciążone wpływem dominującego czynnika, jakim jest masa halo?

Baakuje mi też w tym rozdziale szerszej dyskusji, jak model ewolucji galaktyk zastosowany w SAGE i jego ograniczenia może wpływać na otrzymane rezultaty.

Czy Autor zna (albo planuje) jakieś obserwacje, z którymi wyniki jego symulacji można porównać?

Niezależnie od wymienionych uwag i pytań, uważam, że praca jest ciekawa i warta twórczego rozwinięcia w przyszłości.

Rozdział 5 zawiera omówienie wkładu Autora w przygotowywaną publikację Jaber, Peper et al. Dotyczy, podobnie jak rozdział poprzedni, zależności własności galaktyk od położenia w strukturze wielkoskalowej. Główną różnicą jest zastosowanie jako punktu wyjścia symulacji Bolshoi, co zapewniło lepszą rozdzielczość niż symulacja wykorzystana w poprzednim rozdziale.

Orla 171

30-244 Kraków Uwagi i pytania:

+48(12) 425-14-57

+48(12) 425-13-18



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI

KRAKÓW
serwatorium
troniczne

Autorzy nie znajdują tym razem znaczącej statystycznie zależności pomiędzy środowiskiem a rozmiarem galaktyki. Czy ten brak trendu widoczny jest również po ograniczeniu próbki do tego samego zakresu mas halo, co w poprzedniej symulacji? Czy Autorzy rozważyli zbudowanie próbek porównania (mass-matched), które pozwolą na porównanie halo o tych samych masach?

Takie porównanie może być ciekawe np. pod kątem wykresu 5.5 (czy opóźnienie w czasie powstania jest związane z masą halo czy też z innymi czynnikami?) i innych parametrów, dla których znaleziona różnica jest znacząca. Nie jest dla mnie jasne, czy i na ile autorzy uwzględniają inny zakres (i zapewne rozkład) mas halo w różnych środowiskach - zależność przebiegu ewolucji galaktyk od mas halo może pewne trendy imitować, ale może też je zamazywać.

Stosunek masy gwiazdowej do masy halo (stellar to halo mass ratio), wspomniany na str. 93 i pokazany na rys. 5.4 jest w istocie dobrym miernikiem efektywności produkcji gwiazd. Może warto by było dodać wykres pokazujący stellar to halo mass ratio na osi y i masę halo na osi x - jest łatwiejszy w interpretacji i ułatwi porównanie z pracami, które prezentują podobny pomiar.

Na ile fakt, że, jak podaje Autor "In this work we found that the differences in galaxy properties only occur in the low mass regime." można złożyć na karb niedostatecznej jakości symulacji blisko granicy rozdzielczości?

Rozdział 6 oparty na przygotowywanej wspólnie z oboma promotorami publikacji, opisuje symulację - którą można określić jako toy model - w której bada wpływ pustki kosmicznej na sygnał soczewkowania grawitacyjnego galaktyk tła. Widać, że w obszarze opisu przygotowań symulacji i tła teoretycznego Autor czuje się swobodnie. Można zauważyć, że rozdział ten został dodany w pewnym pośpiechu - np. na st. 105 Autor po szerszy opis odsyła do Sect. 6 (podczas gdy w rozdziale 6 właśnie się znajdujemy - może miał na myśli Sect. 2?). Opisana praca może stanowić pierwszy krok w zbudowaniu symulacji pomocnej w interpretacji sygnału soczewkowania grawitacyjnego w przyszłych katalogach. Jak autor zauważa jednak w podsumowaniu - nie jest niezawodna, a już obecny stopień skomplikowania algorytmu nie ułatwia wprowadzania dalszych czynników.

Mimo wymienionych wyżej mankamentów, w mojej ocenie praca doktorska mgr. Mariusa Pepera spełnia wymogi formalne i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr. Mariusa Pepera do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

prof. dr hab. Agnieszka Pollo

Orla 171

30-244 Kraków

+48(12) 425-14-57

+48(12) 425-13-18