

Nastavno-naučnom veću  
Matematičkog fakulteta  
Univerziteta u Beogradu

**Izveštaj Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije**  
*„Evolucija patuljastih galaksija u jatima galaksija male mase“*  
**kandidata Nemanje Martinovića**

**Biografija kandidata**

Nemanja Martinović je rođen 23. novembra 1982. godine u Beogradu. Završio je Prvu beogradsku gimnaziju 2001. godine i iste godine je upisao smer Teorijska i eksperimentalna fizika na Fizičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Na smer Astrofizika na Matematičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu se prebacio 2005. godine i diplomirao na istom u oktobru 2010. godine. U novembru 2010. godine upisao doktorske studije na Matematičkom fakultetu. Zaposlen je na Astronomskoj opservatoriji od februara 2011. godine i trenutno ima zvanje istraživač-saradnik. Od 2011. godine je angažovan na projektu 176021 – „Vidljiva i nevidljiva materija u bliskim galaksijama: teorija i posmatranja“. Dugogodišnji je stručni saradnik Istraživačke stanice "Petnica". Pored toga aktivno se bavi i popularizacijom nauke kroz mnoge aktivnosti.

Objavio je 6 (izvor ADS) naučnih radova u domaćim i međunarodnim časopisima, a učesnik je i mnogih konferencija iz oblasti astrofizike.

## Struktura doktorske disertacije

Disertacija sadrži ukupno 135 stranice teksta sa spiskom korišćene literature od 176 referenci, 39 slika, 3 tabele i jednom stranicom biografije autora. Struktura teksta je sledeća:

Sadržaj

1. Uvod (1 - 13)
2. Funkcija mase haloa kao metod ispitivanja formiranja struktura (14 - 47)
3. Dinamička podela jata galaksija (48 - 64)
4. Tipovi patuljastih galaksija i njihove karakteristike (65 - 88)
5. Uticaj dinamike jata galaksija na zastupljenost morfoloških tipova patuljastih galaksija (89 - 99)
6. Formiranje kompaktnih patuljastih galaksija u jatima galaksija (100 - 120)
7. Rezime i zaključak (121 - 123)
8. Bibliografija (124 - 134)
9. Biografija autora (135 - 135)

Osnovni cilj ove doktorske disertacije je ispitivanje kako, iz rezultata dobijenih analizom kosmoloških simulacija, dinamika jata galaksija utiče na formiranje, rasprostranjenost i evoluciju patuljastih galaksija. Jata galaksija predstavljaju jedne od najvećih struktura u svemiru i u okviru trenutno dominantne kosmološke paradigme hladne tamne materije ( $\Lambda$ CDM) formiraju se spajanjem manjih struktura. Iako se u jednom delu radova danas uzima da su u dinamičkoj ravnoteži, što implicira da je njihov proces formiranja završen, kroz analizu kosmološke simulacije u okviru ove disertacije je pokazano da se može očekivati da je značajan deo njih još uvek u procesu formiranja. Dalje u okviru disertacije je izvršena analiza Ilustris-1 simulacije, jedne od najmodernijih kosmoloških simulacija sa uključenom hidrodinamikom. Počevši od polazne pretpostavke da se bar neka jata nalaze još uvek u formiranju korišćeno je ispitivanje eliptičnosti članova jata u cilju ispitivanja te pretpostavke. Analizom dobijenih rezultata zaključeno je da se deo jata nalazi u interakciji, odnosno da njihov proces formiranja nije završen i napravljena je podela na interagujuća, slabo interagujuća i neinteragujuća jata u odnosu na dobijeni stepen interakcije kojem je jato izloženo.

U okviru disertacije je dat i pregled danas poznatih tipova patuljastih galaksija sa najnovijim rezultatima. Kako su procesi formiranja patuljastih galaksija još uvek nedovoljno ispitani, u disertaciji se ispituje i na koji način tip interakcije u kojoj se nalazi jato galaksija utiče na zastupljenost tipova patuljastih galaksija u njima. Na kraju, usled proliferacije broja kompaktnih eliptičnih galaksija koje su posmatrački pronađene u prethodnih nekoliko godina i koje predstavljaju patuljaste galaksije koje se nalaze uglavnom oko najmasivnijih članova jata, po prvi put je detaljno ispitano njihovo formiranje pod uticajem jata galaksija za šta je iskorišćena pomenuta najmodernija kosmološka simulacija sa hidrodinamikom.

U prvom uvodnom poglavlju, koje se bavi kosmološkim simulacijama uopšte, je razmatran njihov značaj u modernoj astrofizici i dat je opis tehničkih procedura koje su zajedničke za sve moderne kosmološke simulacije.

U drugom poglavlju su opisani rezultati prve kosmološke simulacije izvršene u Srbiji. U okviru predstavljene analize formiranja velikih struktura je pokazano kroz analizu funkcije mase i funkcije rasta haloa kako kosmološki model hladne tamne materije utiče na formiranje svih struktura, pri čemu je skrenuta pažnja na formiranje struktura koje predstavljaju jata galaksija. Iz dobijenih rezultata je zaključeno da su jata galaksija još uvek u procesu formiranja.

U trećem poglavlju je predstavljen kriterijum za identifikaciju jata galaksija iz Ilustris-1 kosmološke hidrodinamičke simulacije, pri čemu je iz datih rezultata pokazano da su ona još uvek u procesu formiranja, tj. da značajan broj njih nije u dinamičkoj ravnoteži. Napravljena je podela jata na interagujuća jata galaksija, jata galaksija koja interaguju sa manjim grupama i jata galaksija koja nisu u interakciji.

U četvrtom poglavlju je dat pregled danas poznatih tipova patuljastih galaksija, sa predstavljenim definišućim karakteristikama i najnovijim rezultatima dobijenim iz simulacija i posmatranja.

U petom poglavlju je na uzorku jata galaksija dobijenih iz poglavlja tri, ispitan uticaj interakcije jata galaksija na rasprostranjenost različitih tipova patuljastih galaksija. Iz dobijenih rezultata je pokazano da postoji značajno veći broj patuljastih nepravilnih galaksija u interagujućim jatima u odnosu na ostale tipove jata definisanih u poglavlju tri.

U šestom poglavlju je predstavljeno postojanje dva kanala formiranja kompaktnih eliptičnih galaksija u jatima galaksija iz kosmoloških simulacija na šta ukazuju rezultati analize podataka iz Ilustris-1 kosmološke hidrodinamičke simulacije. Jedan kanal je plimsko ogoljavanje masivnih spiralnih galaksija nakon njihovog upada u jato, dok je drugi formiranje unutar jata iz gustog oblaka gasa koji je formiran najverovatnije akrecijom hladnog gasa iz okoline.

## Pregled važnijih rezultata

Postoji nekoliko značajnijih rezultata ove disertacije koji su dobijeni iz analize Ilustris-1 kosmološke simulacije. Jedan je svakako analiza dinamike jata kroz eliptičnost članova samog jata, pri čemu je i data podela u odnosu na stepen interakcije u kome se jato nalazi. Kako je predloženo u disertaciji, jata bi mogla da se dele na interagujuća jata, slabo interagujuća jata i neinteragujuća jata. Ovakva podela jata bi mogla da ima uticaja na dublje razumevanje evolucije galaksija uopšte.

Sledeći značajan rezultat je analiza rasprostranjenosti različitih tipova patuljastih galaksija u jatima galaksija u odnosu na tip interakcije u kojem se jato nalazi. Iz analiza se vidi da patuljastih nepravilnih galaksija ima daleko više u jatima koja su u interakciji u odnosu na ostala. Ovaj rezultat je značajan zbog toga što predstavlja način dopremanja patuljastih nepravilnih galaksija u jata, što je otvoreno pitanje u oblasti. Pošto one doživljavaju morfološku transformaciju nakon ulaska u jato, to bi moglo da utiče na naše razumevanje evolucije patuljastih galaksija uopšte.

Još jedan značajan rezultat je i otkriće načina formiranja kompaktnih eliptičnih galaksija u jatima galaksija, dobijen dubljom analizom kosmološke simulacije Ilustris-1. Definisana su dva kanala formiranja, jedan je plimsko ogoljavanje masivnih galaksija koje upadaju u jato, a drugi je formiranje kompaktnih eliptičnih unutar jata. Ovo je značajan rezultat jer do sada, osim špekulacija, nije bilo moguće utvrditi koji su dominantni mehanizmi nastanka ovog tipa patuljastih galaksija.

Na kraju treba pomenuti i da su u disertaciji predstavljeni rezultati prve kosmološke simulacije koja je u potpunosti izvedena u Srbiji u saradnji Astronomske opservatorije u Beogradu i Instituta za fiziku u Zemunu. Iako se radi o simulaciji sa relativno malim brojem čestica, dobijena simulacija predstavlja značajan napredak u razvoju numeričke kosmologije u Srbiji.

## Naučni radovi iz oblasti istraživanja prezentovanog u disertaciji

1. Martinović N., Micic M., 2017, *Two channels for the formation of compact dwarf galaxies in clusters of galaxies*, **MNRAS**, **470**, 4015 (M21, petogodišnji impakt faktor - 4.620),
2. Martinović N., 2015, *Halo Statistics Analysis Within Medium Volume Cosmological N-Body Simulation*, **Serb. Astron. J.**, **190**, 11 (M23, impakt faktor 0.429) .

## Ostali naučni radovi kandidata

1. Micic M., Martinović N., Sinha M., 2016, *A method for determining AGN accretion phase in field galaxies*, **MNRAS**, **461**, 3322 (M21, impakt faktor 4.961),
2. Smailagić M., Micic M., Martinović N., 2016, *Modelling the evolution of Ly  $\alpha$  blobs and Ly  $\alpha$  emitters*, **MNRAS**, **459**, 84 (M21, impakt faktor 4.961),
3. Smole M., Micic M., Martinović N., 2015, *SMBH growth parameters in the early Universe of Millennium and Millennium-II simulations*, **MNRAS**, **451**, 1964 (M21, impakt faktor 4.952),
4. Vince I., Kos P., Latkovic O., Martinovic N., Gosic M., Stojadinovic J., 2006, *Program of Telluric Lines Monitoring*, **Serb. Astron. J.**, **173**, 101 (M24) .

## Zaključak i predlog

Doktorska disertacija pod nazivom „*Evolucija patuljastih galaksija u jatima galaksija male mase*“ Nemanje Martinovića predstavlja celovito naučno delo. Problematika koja se razmatra izložena je strukturno, sa jasnim ciljem. Poglavlja disertacije predstavljaju nezavisne rezultate koji su povezani u celinu kako bi se dobila kompletnija slika razumevanja rasta velikih struktura u svemiru, dinamike jata i njihovog uticaja na formiranje, rasprostranjenost i evoluciju patuljastih galaksija. Kandidat je pokazao široko poznavanje date oblasti, služeći se podjednako analitičkim i numeričkim metodama, gde posebno ističemo izvođenje zasebne kosmološke simulacije u celini. Rezultati disertacije predstavljaju naučni doprinos istraživanju dinamike jata galaksija i formiranja i evolucije patuljastih galaksija u jatima. Iz naučne oblasti kojom se bavi u svojoj disertaciji, kandidat je objavio, samostalno i kao koautor, 2 rada u međunarodnim časopisima na SCI listi, od kojih je 1 objavljen u vodećem međunarodnom časopisu.

Stoga, predlažemo Nastavno-naučnom veću Matematičkog fakulteta da prihvati ovaj izveštaj i pozitivnu ocenu doktorske disertacije „*Evolucija patuljastih galaksija u jatima galaksija male mase*“ Nemanje Martinovića i odredi komisiju za njenu odbranu.

Beograd, 28.07.2017. godine

Komisija:

---

dr Miroslav Mičić,  
naučni saradnik,  
Astronomska opservatorija

---

dr Branislav Vukotić,  
viši naučni saradnik,  
Astronomska opservatorija

---

prof. dr Dragana Ilić,  
vanredni profesor,  
Matematički fakultet