

4. félévi beszámoló

Perger Krisztina (k.perger@astro.elte.hu)

Részecskefizika és csillagászat PhD program

Témavezető: Dr. Tóth L. Viktor (Csillagászati Tanszék),

társ-témavezető: Dr. Frey Sándor (MTA CSFK Csillagászati Intézet)

Kutatási téma: Rádiósugárzó aktív galaxismagok a korai Univerzumban

Bevezetés

A korai Univerzum megismerésében fontos szerepe van a legfiatalabb aktív galaxismagok (AGN-ek) szerkezetének és fejlődésének tanulmányozásának. A teljes elektromágneses tartományon fényesen ragyogó AGN-ek rádiósugárzását nagyon hosszú bázisvonalú interferometria (VLBI) módszerével tanulmányozva feltárhatjuk a rádiónyalábok morfológiáját, fejlődését, valamint fizikai hátterét.

Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzése

Három nagy elemszámú AGN katalógus keresztkorrelációjával és az irodalomban megjelenő új közlések alapján létrehoztam egy $z > 4$ vöröseltolódással rendelkező objektumokat tartalmazó AGN katalógust, amiben feltüntettem az azonosított AGN-ek koordinátáit, látható tartományú fényességeit, vöröseltolódását, rádiótartományú detektálás esetén fluxussűrűség értékét, valamint az ismert VLBI észlelések adatait.

Meghatároztam a J2134–0419 jelű, $z = 4,3$ vöröseltolódású rádiósugárzó kvazár plazmalyalábjának sajátmozgását két, egymástól 16 év eltéréssel történt VLBI észlelés adatai alapján. A rádiójet évenkénti 0,035 ívmásodperc elmozdulása (látszólag a fénysebesség 4,1-szerese) egyezik a jelenleg ismert kozmológiai modell jóslataival. A szuperluminális kiáramlás és a jet sebességét jellemző Lorentz-faktor alapján a forrás látóiránnyal bezárt szöge kisebb mint 20° . Az enyhébb felbontással rendelkező VLA mérések bevonásával továbbá megállapítottam, hogy a kvazár rádiójetje 60° -os elfordulást mutat a belső régió és kiloparszek léptékek között.

Az általam létrehozott katalógusból kiválasztott három AGN körüli égterületen a *Herschel* infravörös űrtávcső méréseit felhasználva meghatároztam a galaktikus előteret, $45''$ és $6'$ felbontású térképek segítségével. Az általam számolt hidrogén oszlopsűrűségeket összevettem a *IRAS* felmérés portérképei alapján meghatározott értékekkel. A legmagasabb galaktikus szélességen a *Herschel* térképekből adódó nagyobb oszlopsűrűségek a csillagközi anyag filamentáris hiperfinom szerkezetét sejtetik.

Az Európai VLBI Hálózatra (EVN) pályázatot nyújtottunk be a 3C 411 jelű rádiógalaxis belső parszek skálájú régiójának részletes vizsgálatára. A mérési pályázatot elfogadták, mérése 2017-ben megtörtént. A korrelált adatokat 2017 végén tették elérhetővé számomra.

A 4. félévben elvégzett kutatómunka

A 3C 411 rádiógalaxis belső régiója blazártermészetének meghatározására benyújtott, elfogadott és leészlelt mérési pályázat (Projekt kód: E17A005, PI: Perger K.; EVN) 1,6 GHz és 5 GHz-es adatainak kalibrálását az AIPS nevű programcsomag rutinjainak segítségével elvégeztem. Első lépésként az amplitúdókat kalibráltam az egyes VLBI állomások rendszerhőmérsékletei és az ún. gain-curve-ök segítségével, mind a célobjektumra, mind a kalibrátorfor-

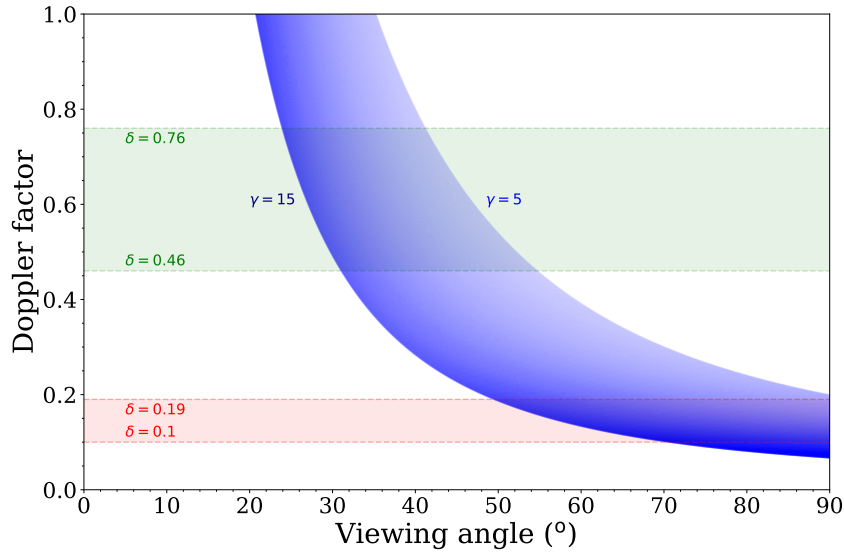
rásokra. Ezután a fázisokat a kalibrátorforrások segítségével illesztettem (fringe-fit), a hibás vizibilitásértékeket és csatornákat eltávolítottam az adatsorból (flagging), majd forrásonként külön UVFITS fájlba írtam az adatokat (split). Az egyes forrásokra vonatkozó UVFITS fájlok kiértékelését a DIFMAP programmal végeztem, mind az EVN, mint az archívumból letöltött VLBA mérésekre. Némi további flaggelés után hibrid térképezés módszerével fejttem vissza a forrás eredeti fényességeloszlását: a CLEAN algoritmus alkalmazása után több lépésben ön-kalibráltam a fázisokat és amplitúdókat (selfcal), majd 2 dimenziós körszimmetrikus Gauss-függvény modellekkel illesztettem a vizibilitásértékeket. A nagyskálás szerkezet látóiránnyal bezárt szögének becslését az archívumból letöltött VLA térkép segítségével végeztem el. A 3C 411 VLBI méréseire illesztett modellekből meghatározott kvalitatív és kvantitatív tulajdonságok alapján az alábbiakat állapítottam meg:

1. A parszek skálájú szerkezet minden VLBI mérés esetében több modellkomponenssel jellemezhető. A különböző frekvenciasávokban mind az északnyugati irány felé mutatnak a nyalábkomponensek.
2. A mag komponens fényességi hőmérséklete ($T_b = 5.1 \times 10^9 - 2.3 \times 10^{10}$ K) minden frekvenciasáv esetén az ekvipartíciós érték alattinak adódott.
3. A forrás sugárzása nem relativisztikusan felerősített, a Doppler-gyengítés tartományban található ($\delta = 0.10 - 0.76$).
4. A klasszikus rádiógalaxis magjában az észlelő felé mutató (közeledő) jet iránya megváltozott, a délkeletiről az északkeleti irányba, a nagy és kis léptékű szerkezeteket vizsgálva. Az ehhez hasonló változások gyakran megfigyelhetők az ún. X-alakú rádiónyalábos aktív galaxismagok esetén.
5. A plazmaáram sebességét jellemző Lorentz-faktorra vonatkozó irodalmi adatok és a meghatározott Doppler-faktorok alapján megbecsültem a parszek skálájú jet látóiránnyal bezárt szögét, ami a legfinomabb felbontású 5 GHz-es EVN mérések alapján $\theta = 25 - 55^\circ$ közötti.

A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a 3C 411 rádiónyalábja valamiféle violens hatás (egy társ fekete lyuk által okozott forgástengely-átfordulás, csillagközi anyaggal való kölcsönhatás, Lense–Thirring-precesszió az akkréciós korongban, az AGN aktivitás újra beindulása) eredményeképpen megváltoztatta a megfigyelés irányával bezárt szögét. Az alacsony Doppler-faktor alapján a forrás belső szerkezete nem rejt blazárt, a változás során azonban a nyaláb szöge a közel 90° -ról (éggömb síkja) 55° alá csökkent.

A 2017 júniusában újra beadott, nagy vöröseltolódású blazárjelöltekre vonatkozó, elfogadott pályázat (Projektкод: EC17C009, PI: Gabányi K.) 13 forrása közül 2 mérése megtörtént az EVN-nél.

A J2134–0419 jelű $z = 4.3$ vöröseltolódású aktív galaxismag vizsgálatára vonatkozó publikációt kisebb módosításokkal elfogadták. A szakcikk a *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 2018. júniusi számában jelenik meg. Eredményeimről továbbá a *Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi Kutatóközpontja (MTA TTK)* és a *Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT)* által kiírt pályázatra az *Élet és Tudomány* kategóriájában beküldött ismeretterjesztő cikk formájában is beszámoltam.



1. ábra. A 3C 411 rádiógalaxis plazmalyájának (jet) paramétertere. A Doppler-faktor értéke 0.1 és 0.19 között változhat az 1.6, 4.3 és 7.6 GHz-es mérések alapján (piros sáv). A legjobb felbontású és legérzékenyebb 5 GHz-es adatok valamivel magasabb értéket jósolnak (zöld sáv). A kék sáv a lehetséges Lorentz-faktorokat szemlélteti.

A nagy vöröseltolódású AGN katalógust folyamatosan bővítettem a friss felfedezések alapján, jelenleg több, mint 2600 objektumot tartalmaz.

A félév utolsó időszakát a komplex vizsgára való felkészülésnek szenteltem.

Publikációk

Perger, K., Frey, S., Gabányi, K. É, & Tóth, L. V. (2017), *A Catalog of Active Galactic Nuclei from the First 1.5 Gyr of the Universe*, Front. Astron. Space Sci., 4, 9

Perger, K., Frey, S., Pinter, S., & Tóth, L. V. (2017), *Fine structure of Galactic foreground ISM towards high-redshift AGN – utilizing Herschel PACS and SPIRE data*, IAUS333 proceedings, Peering towards Cosmic Dawn, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 333, pp. 166-167

Perger, K., Frey, S., Gabányi, K. É, An, T., Britzen, S., Cao, H.-M., Cseh, D., Dennett-Thorpe, J., Gurvits, L. I., Hong, X.-Y., Hook, I. M., Paragi, Z., Schilizzi, R. T., Yang, J., Zhang, Y., *Constraining the radio jet proper motion of the high-redshift quasar J2134–0419 at $z = 4.3$* , Mont. Not. R. Astron. Soc., 477, 1065

Előkészületben: a 3C 411 rádiógalaxis belső szerkezetére vonatkozó EVN mérések kézirat, amit várhatóan az *Astrophysical Journal* című folyóirathoz küldünk be.

Konferencia részvételek, kutatóutak

2016. szeptember 5-9. között részt vettem a Bonnban, Németországban megrendezett *Young European Radio Astronomers Conference (YERAC)* nevű konferencián (előadás).

2016. december 1-jén részt vettem az Orosz–Magyar Űrkutatási Szemináriumon (Orosz Kulturális Központ, Budapest).

2017. április 2-7. között részt vettem a *Quasars at all cosmic epochs* konferencián, Padovában, Olaszországban (poszter).

2017. október 2-6. között részt vettem a Nemzetközi Csillagászati Unió (International Astronomical Union – IAU) 333. *Peering towards Cosmic Dawn* című szimpóziumán, Dubrovnikban, Horvátországban (poszter).

2017. október 15-20. között részt vettem a JIVE és az ASTRON által Dwingeloo-ban, Hollandiában megrendezett 7. rádiointerferométeres őszi iskolán.

2018. március 19-29. között az Európai VLBI Intézetbe (JIVE, Dwingeloo, Hollandia) látogattam az EU RadioNet projekt támogatásával. A kutatóút során a 3C 411-es rádiógalaxisra vonatkozó VLBI mérések adatfeldolgozását végeztem, valamint elkészült a tervezett szakcikk kezdeti verziója is.

2018. május 13-18. között részt vettem a *Perseus in Sicily* című 342. IAU szimpóziumon, Notóban, Olaszországban. A konferencián poszteren, valamint egy egyperces előadás keretében mutattam be a J2134–0419 sajátmozgásával kapcsolatos eredményeimet.

Tanulmányok

A félév során a *Haladó informatika a csillagászatban II.* kurzuson vettem részt.

Tervek a következő félévre

2018. június 14-17. között részt veszek a Balatonfenyvesen megrendezésre kerülő *Fizikus Doktoranduszok Konferenciáján* a doktori kutatási témámat bemutató előadással.

A 2018. augusztus 20-31. között a Bécsben, Ausztriában megrendezésre kerülő Csillagászati Világkongresszus (IAU 30th General Assembly) *Radio Galaxies: Resolving the AGN phenomenon* konferenciájára elfogadták a jelentkezésem, melyre poszterrel készülök a 3C 411 rádiógalaxis természetéről.

Az elkövetkező félévek során a korábban beadott mérési pályázatok adatfeldolgozásában fogok részt venni:

- az e-MERLIN hálózatra beadott, elfogadott és lemért pályázat három $z > 4$ vöröseltolódású fiatal rádiógalaxisra vonatkozó mérései (P.I.: Gabányi K., CY5211),
- az Európai VLBI Hálózatra *A core-jet laboratory at $z=4$* című 2018. január 26.-án a J1715+2145 jelű kvazárra beadott és elfogadott mérési pályázat (P.I.: L. Gurvits, EG103),
- a VLBA hálózatra beadott *Polarization properties of high redshift quasars* című, nagy vöröseltolódású források polarizációjának vizsgálatára vonatkozó mérési pályázat (P.I.: P. Mohan, BM472).

A hosszútávú terveim között szerepel a FIRST felmérés lefedettségébe eső, de nem detektált nagy vöröseltolódású AGN-eket magukba foglaló FIRST térképek halmozása (stackelés). A stackelés célja a felmérés által bejárt égterületen található – az általam létrehozott katalógusban is listázott – de a detektálási határt egyenként el nem érő rádióforrások átlagos tulajdonságainak feltárása.

Jövőbeni publikációs tervek

FIRST térképek stackelése: várhatóan 2019 első fele.

Új nagy vöröseltolódású kvazárok mérései: várhatóan 2019 második fele, 2020 eleje.

Egyéb tevékenység

A 2016–2017-es tanév őszi félévében a *Csillagászati észlelési gyakorlatok 1.* gyakorlat egyik csoportját vezettem, heti 3 kontaktóraban valamint az *Informatika a csillagászatban 3.* tárgy esetében 4 gyakorlati alkalmát tartottam (alkalmanként 2 kontaktóra).

A 2016–2017-es tanév tavaszi félévében a *Csillagászati észlelési gyakorlatok 2.* kurzus egy csoportjának gyakorlatvezetője voltam heti 3 kontaktóraban.

A 2017–2018-as tanév őszi féléve során gyakorlatvezetői feladatokat láttam el a *Csillagászati észlelési gyakorlatok 1.* kurzuson, heti 3 kontaktóraban, valamint az *Informatika a csillagászatban 3.* kurzus 3 gyakorlati alkalmát tartottam (alkalmanként 2 kontaktóra).

A **2017–2018-as tanév tavaszi féléve** során gyakorlatvezetői feladatokat is elláttam a *Csillagászati észlelési gyakorlatok 2.* kurzuson, heti 3 kontaktóraban.

A félév során pályázatot adtam be a Nemzetközi Csillagászati Unióhoz (IAU) a *Perseus in Sicily* szimpóziumra és a Csillagászati Világkongresszus *Radio Galaxies: Resolving the AGN phenomenon* konferenciájára, a részvételi költségek egy részének támogatására. Pályázataimat mindkét esetben elfogadták, összesen 740 € támogatásban részesültem.