

4. félévi beszámoló

Joó András Péter (a.joo@astro.elte.hu)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Dr. Tóth L. Viktor

A dolgozat címe:

Csillagközi anyag és csillagkeletkezés a Tejútrendszerben és más galaxisokban

Bevezetés

Doktori kutatómunkámban galaktikus és extragalaktikus csillagkeletkezési területeket vizsgálok archívumokból összeállított mintákon, kiegészítve szükséges mérésekkel és szimulációk eredményeinek a felhasználásával. Célom a csillagközi anyag csillagkeletkezésre gyakorolt hatásának és a Galaxison belüli körforgásának a vizsgálata, a csillagkeletkezés és a csillagközi anyag kozmikus fejlődésének a tanulmányozása, valamint releváns mérési célpontok meghatározása további vizsgálatokhoz.

A galaktikus csillagkeletkezés vizsgálatát a nemzetközi TOP-SCOPE együttműködéshez csatlakozva végzem (TOP: TRAO Observations of Planck cold clumps - SCOPE: SCUBA2 Continuum Observations of Pre-protostellar Evolution), a TOP200 elnevezésű minta, az északi féltekéről látható 200 legfényesebb Planck kompakt forrás (PCCS - Planck Catalogue of Compact Sources) elemzésével. Ehhez a James Clerk Maxwell teleszkóp SCUBA2 bolométerkamerája által készített szubmilliméteres felvételeket dolgozom fel, célom egy kompakt forrás katalógus összeállítása, amely a galaktikus síkon belüli és kívüli forrásokat egyaránt tartalmaz, lehetővé téve a területek összehasonlítását. A katalógus első verzióját a források pozíciójával, méretével és alakjával a mesterszakos szakdolgozatomban előállítottam, a doktori kutatásom keretében elvégzendő feladat a nem megbízható források kiszűrése, a források távolságainak a kiszámítása, majd azt is felhasználva a fizikai paraméterek meghatározása.

Az extragalaktikus csillagkeletkezési kutatómunkámat Dr. Tóth L. Viktor vezetésével, a csillagkeletkezést vizsgáló kutatócsoportjának tagjaként végzem az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Feladatom a távoli csillagkeletkezésre utaló hosszú gammafelvillanások (LGRB - Long Gamma Ray Burst) lehetséges anyagaxisainak keresése az Illustris TNG100 univerzum-szimulációban, valamint ütköző galaxisok vizsgálata az Illustris szimulációban és megfigyelések archív adatainak elemzésével. Emellett rendszeres konzultatív csoportmegbeszéléseken veszek részt a témában Balázs Lajos nagyenergiájú kutatócsoportjával (HEART - High Energy Astronomy Research Team).


Az aktuális félévben elvégzett kutatómunka ismertetése

Galaktikus csillagkeletkezés - TOP200

Tovább haladtam az előző félévben elkezdett TOP200, szubmilliméteres pontforrások elemzéséről készülő, első szerzős publikációm vázlatával. A publikációt témavezetőm ajánlása alapján a The Astrophysical Journal Supplement Series (ApJS) Q1-es folyóiratba tervezzük beadni. A cikket 2024 nyár folyamán tervezem véglegesíteni és benyújtani.

¹ DRAFT VERSION JUNE 4, 2024
Typeset using L^AT_EX twocolumn style in AASTeX631

a) Catalogue of Pre- and Protostellar Cores in the 200 brightest Planck Compact Sources b) Early Stages of Star Formation in Planck Compact Sources

ANDRAS PETER JOG ¹, SAROLTA ZAHORECZ,² DAVID EDEN,² BELLÁN CREUSOT,¹ MIKA JUVELA,² TIIE LIU,²
REBEKA BÖGNER,¹ AND L. VIKTOR TÓTH¹

¹Department of Astronomy, Eötvös Loránd University
Pázmány Péter sétány 1/A
Budapest, 1117, Hungary

2

ABSTRACT

a) We present a catalogue of pre- and protostellar cores in the 200 brightest Planck Compact Sources visible from the northern hemisphere. General properties of these sources, some data about catalogue (number of point sources, classification, ratio of higher latitudes), findings compared to previous analysis on PGCCs by Eden et al.

b) brief intro on Planck - > previous studies JPS, SCOPE by Eden et al. with goal of the studies - > extension sample with some more evolved sources, and some higher-latitude ones. (Question) goal of the new sample: to compare the properties of this sample to PGCCs to see how star formation efficiency, clustering behaviour and core masses evolve with time, and how environments differ towards higher galactic latitudes. (Evaluation) Summary of core extraction, distance estimation, physical parameters calculated. Short summary of the compiled catalogue (number of point sources, classification, ratio of higher latitudes), (Conclusion) findings compared to previous analyses on PGCCS.

Keywords: surveys, stars: formation, ISM: clouds, submillimetre: ISM

1. INTRODUCTION

Galactic SF, MCS

Planck survey - > compact source catalogues PCCS (Planck Collaboration et al. 2014), PGCC (Planck Collaboration et al. 2016). Main characteristics of the two catalogues, differences. Previous studies on PGCC Eden et al. (Eden et al. 2017)? SCOPE. (Liu et al. TOP?).

14.4 arcsec resolution compared to Planck's 5 arcmin. That corresponds to scales of 0.1 pc and 0.03 pc at 1.5 kpc and 0.5 kpc respectively, the typical size of star-forming cores and clumps (e.g., Könyves et al. 2015). 199 of the 200 PCCS targets were found in the SCUBA2 archive, on 184 reduced maps. DAISY maps (12 arcmin) were preferred because of the higher S/N

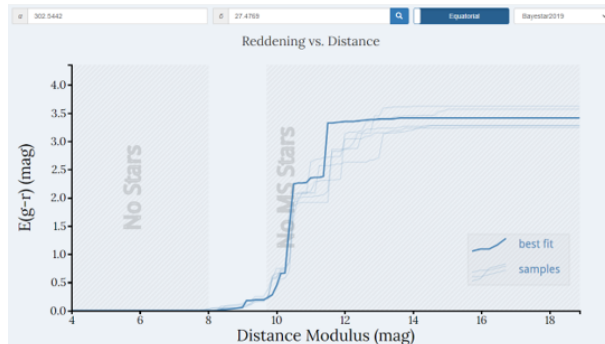
1. ábra. Készülő első szerzős cikkem vázlata a TOP200, szubmilliméteres pontforrások elemzése témában, az Astrophysical Journal Supplement Series (ApJS) Q1-es folyóiratba.

A cikk vázlatát elküldtem minden résztvevőnek, az első visszajelzések megérkeztek, amelyek alapján a cikk tematikáját kibővítettem egy közeli, jól ismert csillagkeletkezési terület elemzésével, amelyhez felhasználom az általam talált szubmilliméteres forrásokat is. Kiegészítem az elemzést a legfrissebb infravörös és látható tartományú fiatal csillag (YSO) katalógusokkal, és Planck polarizációs adatokból következtethető mágneses tér vizsgálatával. Így a cikk a pusztán statisztikai elemzéshez képest kibővül a kapott pontforrás-minta felhasználásának a bemutatásával.

Több, a molekulafelhők távolságával foglalkozó kutatóval való konzultáció után finomítottam az alkalmazni tervezett távolságbecslési módszereimen.

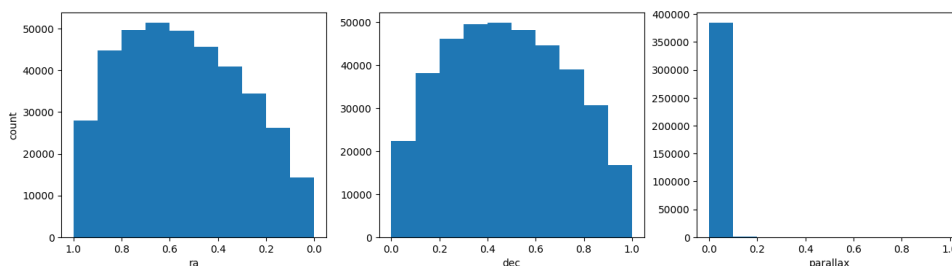
Az extinkciós módszerhez az adatokat nem közvetlenül a Gaia adatbázisból veszem, hanem hasznosítom az ezen a területen úttörő kutatási eredményeket Green+ 2019 és Edenhofer+ 2023 publikációiból, és az általuk összeállított kb. 1 pc felbontású, három dimenziós (3D) extinkciós térképeket fogom használni. Adott irányban a 3D térkép lekérdezése távolság függvényében extinkciót ad vissza, ám letisztított és simított formában. A jól lokalizálható emelkedés az extinkció értékében következő a meredekséggel, ami alapján

jól definiált hibával becsülhető a távolság. A kapott távolságot ismert forrásokra összehasonlítom hasonló irodalmi adatokkal, mint pl. Zucker+ 2020 legfrissebb molekulafelhő-távolságaival, ezáltal megállapítva a módszerem pontosságát.



2. ábra. Extinkció webes lekérdezése Green 2019+ 3D extinkciós térképéből egy TOP200 forrásom irányában.

A Gaia YSO asszociációs módszerhez pedig alkalmazom azokat a korszerű klaszterező gépi tanulási algoritmusokat (DBSCAN, HDBSCAN), amelyeket gömbhalmazok, nyílthalmazok és asszociációk azonosítására alkalmaznak újabb kutatásokban. Mások is végeztek már kísérleteket molekulafelhők körüli YSO asszociációk általi távolságbecslésre (pl. Zhang+ 2023), azokat a munkákat tervezem kielemezni és levont tanulságokat beépíteni a saját számításomba.



3. ábra. DBSCAN klaszterező algoritmus eredménye három dimenzióban Gaia gömbhalmazra egy tesztfuttatásom alkalmával.

A klaszterező algoritmussal tesztfuttatásokat Gaia adatokkal, ezek során megtanultam a módszer alkalmazását és a paraméterek célszerű értékeit. A YSO adatbázisban 5 paraméter alapján, tehát egy öt dimenziós paraméterterben tervezem a csoportosítást, a korszerű alkalmazásnak megfelelően: koordináták (RA, Dec), sajátmozgás (dRA, dDec) és parallaxis.

A távolságbecslés módszereinek kidolgozása több irányban hasznosul. Egyrészt, távolságok ismeretében a szubmilliméteres forrásaimhoz fizikai paramétereket tudok megadni Eden+ 2019 alapján. Másrészt, sok, kevésbé ismert molekulafelhő távolságára még egyáltalán nincs adat, ezek megadásából a Galactic Cold Cores (GCC) nemzetközi együttműködés is profitálhat, amelynek tagjaként végzem a TOP200 elemzést, illetve tágabb értelemben a teljes, molekulafelhőkkel foglalkozó közösség javát is szolgálja.

Kutatóút

Témavezetőm vezetésével kommunikációt kezdeményeztünk a Galactic Cold Cores (GCC) együttműködésben részt vevő, a Toulous-i IRAP kutatóintézet (Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie) kutatóival, akik a csillagközi anyag polarizációjának világviszonylatban kiemelkedő szakértői. A kommunikáció eredményeként meghívást kaptam tőlük egy két hetes kutatóútra, amelyre megpályáztam és elnyertem egy Erasmus+ rövid távú doktori mobilitás pályázatot.

A kutatóút keretén belül részt vettem a GCC együttműködés éves találkozóján, ahol bemutattam az eredményeim, és a további terveimhez visszajelzést és együttműködési lehetőségeket kerestem. A 4 napos tanácskozás során validációt kaptam a kidolgozott távolságbecslési módszereim használhatóságára, és jelentős előrelépéseket tettem a vizsgált területeimhez polarizációs adatok megszerzésében és azok feldolgozási módszertanának a megismerésében.

A beszámoló írásának időpontjában még Toulouse-ban tartózkodom, további 6 nap van még hátra a kutatóútból. Ezalatt a polarizációs adatok feldolgozását kezdem meg, és a kiválasztott területeimen ellenőrzöm a használhatóságukat. A polarizációs adatokból következtetni lehet a mágneses tér orientációjára, ami legújabb kutatások szerint jelentősen befolyásolhatja a csillagközi anyag szerkezetét, dinamikáját, így fontos tényező lehet a csillagkeletkezési folyamatokban, különösen a legnagyobb hatású, nagy tömegű csillagkeletkezésben.

Reményeim szerint a következő tanévben vissza tudok jönni egy hosszabb kutatóútra is, ami alatt egy új mérőeszköz, a James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) SCUBA2 polarizációs mérőműszere által készített felvételeket dolgoznom fel az összes olyan területre, amit én is vizsgáltam szubmilliméteres tartományban, valamint ezek alapján előkészítenék távcsőidő-pályázatot vonalas mérésekhez, amellyel a csillagközi anyag kinematikai vizsgálatát is el lehetne végezni, amely a polarizációs adatokból következtethető mágneses tér orientációval együtt értékes információt szolgáltathat a csillagkeletkezési területek dinamikájáról.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

- (1) FIZ/5/032 Az intersztelláris anyag fizikája II., 6 kredit
- (2) FIZ/5/015 Infrared Astronomy I., 6 kredit
- (3) 11th VLTI Interferometry Summer School, 6 kredit

Konferenciák, workshopok az aktuális félévben

A félév jelentős eredménye számomra, hogy sikeresen pályáztam az International Astronomical Union három évente megrendezett General Assembly naggyűlésén a kutatómunkám bemutatására, valamint több utazási pályázatot elnyerve sikerült az ehhez szükséges finanszírozást megszerveznem. A támogatási lehetőségek általános beszűkülése mellett jelentős erőfeszítést igényelt a megfelelő mennyiségű forrás megteremtése, ami végül négy részből fog összeállni: a Fizika Doktori Iskola utazási támogatása mellett az ELTE Tehetséggondozási Tanács, a Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, valamint - reményeim szerint

- a Kari Ösztöndíjbizottság utólagos, kisebb összegű utazási pályázatainak a kombinációjaként. A kutatócsoportunkból több hallgató is pályázott részvételre és finanszírozásra, de végül egyedül nekem lesz lehetőségem közülnünk a nagygyűlésen való részvételre és így eredmények bemutatására, ezért a többiekkel közösen végzett minden eredményt én mutatok be, ezzel a nagygyűlés teljes időszakára lesz feladatom, több szimpóziumon, fókusz meetingen és divíziónapon. Összesen 8 posztert mutatok be, és több személyes egyeztetést szervezünk az együttműködő külföldi kutatókkal, akik jelen lesznek a nagygyűlésen.

Emellett előadási lehetőséget kaptam a Budapesten rendezett SFML2024 csillagkeletkezés és gépi tanulás témájú konferenciáján, ahol a TOP200 projektben elvégzett munkámat mutattam be, lehetséges kapcsolódási pontokkal gépi tanulásos algoritmusok és neurális hálózatok felhasználására.

Továbbá az Erasmus+ rövid kutatóutam keretein belül előadást tartottam a Galactic Cold Cores nemzetközi együttműködés Toulouse-i találkozóján, ahol a TOP200 eredményeim mellett a további terveim bemutatására fókuszáltam, az elképzelések validációját valamint lehetséges együttműködések keresve.

(1) Star Formation - Machine Learning (SFML2024), 2024. máj. 13-17, Budapest

(2) Galactic Cold Cores meeting, 2024. máj. 28-30, Toulouse, Franciaország

(3) IAU General Assembly, 2024. aug. 6-15., Fokváros, Dél-Afrika

Oktatási tevékenység az aktuális félévben

A félév során aktív oktatási feladatot a komplex vizsgára való felkészülés, és a vizsgára bocsáthatóság feltételeként elérendő kreditek megszerzése mellett nem vállaltam, de az Csillagászati észlelési gyakorlatok kurzusok keretében elvégzendő észlelések szervezésében és lebonyolításában segédkeztem.

Ezen kívül a Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézettel együttműködésben egy piszkéztetői észlelési szakmai gyakorlat szervezési folyamatához csatlakoztam. A kezdeményezés célja, hogy az egyetem csillagász hallgatóinak a számára valós környezetben, a Piszkéztetői Observatóriumban több napos szakmai gyakorlatot tartunk, a jelenlegi és volt ügyeletes csillagászok vezetésével, elméleti háttér oktatásával, valós észlelési feladatok gyakorlati elvégzésével.

Tehetséggondozási tevékenység az aktuális félévben

Társ-témavezetőként felügyelem Creusot Belían mesterszakos csillagászhallgató szakdolgozatának elkészítését, aki a TOP200 projektben elvégzett közös munkánkat, a szubmilliméteres pontforrások osztályozását választotta témájául. OTDK részvételt is tervezünk ezzel a témával jövőre.

Szintén társ-témavezetőként veszek részt Varga Nóra alapszakos csillagász-szakirányos hallgató jövő évi TDK dolgozatának, és szakdolgozatának előkészítésében. Nóra sikeresen pályázott az eddig munkája bemutatására az idei Integral/Bart Workshop-on (IBWS), ahol poszteren mutatta be a Heiles Cloud 2 és L1251 molekulafelhőkben elvégzett csillagkeletkezési folyamatokra irányuló vizsgálatát, és készül ebből egy referált cikk megírására a workshopot szervező intézet által fenntartott folyóiratban.

Tudományszervezési tevékenység az aktuális félévben

A Hungarian Universities Space Technology Research Forum 2024 március 28-i nemzetközi konferencia helyi szervezőbizottságának tagjaként segítettem a konferencia lebonyolítását.

Az ELTE lágymányosi campusa adott otthont az egész napos konferenciának, ahol a Thales Alenia Space (TAS) multinacionális űrtechnológiai nagyvállalat képviselői mellett több hazai űripari cég, hét további magyar egyetem, az Európai Űrügynökség (ESA), és az EU küldöttei is képviseltették magukat. A kormányzat részéről Ferencz Orsolya űrkutatásért felelős miniszteri biztos, Habsburg György, Magyarország párizsi nagykövete, Éger András, a Külgazdasági és Külügyminisztérium főosztályvezetője, valamint a Budapesti Francia Intézet munkatársai voltak jelen. A szervezőbizottság vezetője, Dr. Tóth L. Viktor, az Űrkutatási Tudományos Tanács tagja megfogalmazásában: a fórummal az ELTE a hazai űrkutatás egyik zászlóshajójaként jelentős lépést tett a magyar egyetemi szektor üzleti lehetőségeink fejlesztése érdekében a gyorsan bővülő európai űriparban.