

Szakmai bírálólat

Kiss Csaba „Infravörös űrcsillagászati észlelési technikák és alkalmazásuk naprendszerbeli kis égitestek megfigyelésére” című MTA doktori értekezéséről

A dolgozat témája és annak időszerűsége

Az infravörös csillagászat jelentős fejlődését tették lehetővé az űrobszervatóriumok. Minden egyes infravörös űrtávcső fontos áttörést jelentett, s a közeljövőben újabb eredményekre számíthatunk a következő infravörösben dolgozó űrobszervatóriumokkal. A dolgozat az infravörös űrcsillagászatra koncentrál, egyrészt az elektromágneses színek ezen tartományában megjelenő megfigyelési módszerek specialitásainak nehézségei kapcsán, illetve az eszközökkel elért konkrét eredményeket is tárgyalva. Egyértelműen elmondható, hogy a dolgozat a legkorszerűbb csillagászati megfigyelőeszközökhöz kapcsolódik, időszerűsége megkérdőjelezhetetlen. Az új típusú mérések sok technikai kérdést is felvetnek akár az eszközök kalibrációja kapcsán is – ezért indokolt, hogy ezekkel a kérdésekkel is tudományos szinten foglalkozzanak.

A disszertáció szerkezete

Az értekezés 3 főfejezetet tartalmaz, amit egy bőszéges irodalomjegyzék követ. Az **I. fejezet** tárgyalja az űreszközök kalibrációjával és a konfúziós zajjal kapcsolatos vizsgálatokat, a **II. fejezetben** ismerteti a szerző a Herschel-űrtávcsővel kapcsolatos magyar hozzájárulást, ami részben az előző fejezetben bemutatott munka alkalmazása erre az eszközre. A **III. fejezet** tartalmazza az infravörös eszközök által elért tudományos eredményeket a Naprendszer kis égitestjei kapcsán. Az egyes (al)fejezetek a főfejezeteken átívelten folyamatosan számozottak (a főfejezetek római számozásától eltérően arab számozással), logikailag hagyatkozhatunk erre a számozásra is, a továbbiakban csak ezt fogom használni mint fejezetet. Az általában megszokott szerkezettel eltérően külön bevezető fejezetet nem tartalmaz a dolgozat, a rövid előszót leszámítva. Az egyes fejezetek első alfejezete némileg átveszi ezt a szerepet, de pl. a dolgozat elején (1. fejezet) a másfél oldalas bevezető után rögtön a „mély vízben” a konfúziós zaj matematikai leírásában találjuk magunkat.

Az arab betűs számozásnak megfelelően 16 fejezetet tartalmaz a dolgozat, a fenti logikai tagoltsággal. A fejezetekből 13 konkrét tudományos folyóiratokban megjelent publikációhoz, a fennmaradó három fejezet pedig az I. és III. főfejezetek bevezetése valamint az összefoglaló. A „16. Összegzés” fejezet esetén talán logikusabb lenne, ha az nem a III. főfejezet részének látszódná (hiszen az egész dolgozatot összegzi). A dolgozat rövid (1 oldal terjedelmű) összefoglalása után egyébként a téziszűzetben is szereplő tézispontok

olvashatók. Ezen kívül több fejezet végén is olvashatunk összefoglalást külön alfejezetben, de ez nem egységes az értekezés egészére.

Az alkalmazott módszerek korszerűsége

Az értekezés az elmúlt két évtizedben használt infravörös űrtávcsövekre alapul, ami egyértelműen a legkorszerűbb kutatási eszközök közé tartozik. Az alkalmazott módszerek kifejezetten ezekre az űrtávcsövekre lettek kidolgozva, a szerző által kifejlesztett módszerek pedig rutinszerűen használatossá váltak ezeken az egyik eddigi legkorszerűbb űreszköz, a Herschel-űrtávcső esetén. A felhasznált módszerek többségét a szerző fejlesztette, programozta, emellett elmondható, hogy a kis égitestek vizsgálatában felhasznált radiometriai módszerek és dinamikai kódok is a mai tudományos kutatásnak megfelelően korszerűek.

Az értekezésben közzétett új tudományos eredmények

Kiss Csaba az értekezés alapjául szolgáló tudományos eredményeket 13 tézispontban foglalja össze, melyekből 6 foglalkozik az infravörös űreszközök esetében a konfúziós zaj becslésével és a felületi fényesség kalibrációjával. A következő 7 tézispont mindegyike a Naprendszer kis égitestjeit érinti.

1. Az ISO űrtávcső mérései alapján 13 cirrusz területen megvizsgálta a csillagközi anyag szerkezetét.
2. Véglegesítette az ISO űrtávcső két detektorának kalibrációját.
3. Elkészítette az ISO C100, C200 és P3 detektorainak konfúziós zaj analízisét.
4. Megbecsülte a főövi kisbolygók hatását az 5-1000 μm -s sávban a konfúziós zajra.
5. Létrehozta és vezette a Herschel-csoportot az MTA KTM CsKI (majd CsFK KTM Csl)-ben.
6. Létrehozta a Herschel-űrtávcső konfúziós zaj becselő alkalmazását.
7. A „TNOs are Cool!” programban megfigyelési és adatelemező technikákat fejlesztett ki, melyeket 140 Neptunuszon túli égitest megfigyelésében alkalmaztak.
8. Meghatározta 44 Kuiper-övbéli égitest fizikai paramétereit
9. Munkacsoportjával közösen két eltérő felszíntípust azonosított a közepes méretű TNO-k között.
10. Infravörös és látható tartománybeli mérésekkel vizsgált két extrém pályán mozgó égitestet.
11. Részleges porkibocsátási modellt dolgozott ki a C/2013 a1 (Siding Spring) üstökösre.
12. Két potenciális földszűrő kisbolygót vizsgált, melyekre termofizikai modell készült, így pontosabb paramétereiket lehetett meghatározni az esetükben.
13. Vizsgálta a Neptunusz Nereida holdját a Herschel- Spitzer- és a Kepler-űrtávcsövek adatainak felhasználásával.

Kissé talán szokatlan, hogy a tézispontok között sok (műszer)technikai jellegű pont szerepel. Azonban ezek az elemzések és kutatások is elengedhetetlenek a további tudományos, égitest- és asztrofizikai feladatok szempontjából. Egyedül a 8. tézispont megítélése lehet bizonytalan, ami egy kutatócsoport létrehozását és irányítását fedi – a kapcsolódó publikációk is erősen technikai jellegűek. Ezzel a megjegyzéssel a tézispontok mindegyikét elismerem önálló tudományos eredményekként.

Az eredmények alapjául szolgáló tudományos közlemények értékelése

A tézisek alapjául szolgáló 20 publikációból 16 jelent meg jelentős referált folyóiratokban (a kvartilisek szerint nagyon jó eloszlásban, egy Q2 folyóiratban megjelent publikáción kívül mindegyik Q1) egy konferencia kiadványban, három pedig Herschel dokumentumokban. A 20 publikációból 8 esetben első szerző a dolgozat szerzője. Elmondható tehát, hogy a tudományos eredmények nagy számú magas impakt faktorú folyóiratokban jelentek meg.

A tézisek alapjául szolgáló publikációkra az ADS szerint a bíráló írásakor több mint 1400 független hivatkozás született, ami jelzi az eredmények nemzetközi elfogadottságát. Az első szerzős cikkekre kapott hivatkozások száma (~60) viszont elmarad a teljes hivatkozási számhoz képest.

Az értekezéssel kapcsolatos megjegyzések

A benyújtott értekezés formai és tartalmi szempontból is megfelel az MTA doktor címért benyújtott doktori dolgozatokkal szemben támasztott követelményeknek. Az ábrák minősége nem hagy kifogást – az ábrák feliratai követik a dolgozat nyelvét és könnyen olvashatók. A dolgozat nyelvezete megfelelő, de sokszor találtam pongyola megfogalmazásokat. Rögtön az előszó első mondatában olvashatjuk: „Az emberi szem vak a fény legtöbb fajtájára...” Más szerzőknél is sűrűn előfordul ez a hiba: a fény definíció szerint az elektromágneses tartomány optikai sugárzásának az a része, ami az emberi szem számára látható. Helytelen a látható tartományon kívül bármit, így az infravörös sugárzást fényként kezelni – legalább szakmai szövegben tartani kellene magunkat ehhez!

Sajnos a konfúziós zaj ismertetése maga is nagyon konfúzus lett. A tisztába teendő dolgokat kezdem a fizikai mennyiségekkel. Nem a szerző hibája az, hogy a csillagászok szeretik a radiometriai mennyiségeket a szabványostól eltérő módon értelmezni. Példaként a Jansky a radiometria szóhasználatában a spektrális besugárzás vagy irradiancia mértékegysége (angolul megfelelője „spectral irradiance” és „spectral flux density”). Habár az irradianciára a magyar szakirodalomban is előfordul a spektrális fluxussűrűség – a csillagászatban ez zavaró lehet, mert az asztrofizikai irodalomban már elterjedt a „monokromatikus fluxus” használata. Eléggé konfúzus már az elterjedt szóhasználat, ezért is kellene precíznek lenni a dolgozatban. Mindenképpen meg kell különböztetni a spektrális (monokromatikus)

mennyiséget a bizonyos szűrőn keresztül frekvencia (vagy hullámhossz) szerint már kiintegrált mennyiségektől. Ha janskyban adjuk meg valaminek az értékét, az feltétlenül spektrális irradiancia kell legyen. Az 1.1 egyenletben szereplő „S” mennyiség a pontforrás fényességeként szerepel, ami általában már nem monokromatikus (/Hz) egységű. Ennek megfelelően a szövegben szereplő egység helyett a dN/dS derivált egysége $Jy^{-1}Hz^{-1}$ kell legyen. Az 1.5 egyenletben szereplő „F” fluxusként definiált – ami a szerző korábbi elnevezése alapján a szabályos radiometriai nomenklatúra alapján sugárzási teljesítményként kellene értelmezni, ami semmiképpen nem illik ebbe az egyenletbe. Logikailag itt sugársűrűségnek (radianciának) kellene szerepelnie – a nem teljesen korrekt csillagászati zsargon szerint pedig felületi fényességnek ($Wm^{-2}sr^{-1}$ egységben). Természetesen itt is felmerülhet, hogy a spektrális (monokromatikus) vagy „normál” egységről van szó – ezt jelölni kellene, különösen ha Jy-ben adjuk meg a végeredményt.

De a konfúzió nem csak a mértékegységben jelenik meg. Az 1.6. egyenletben ablakfüggvény bevezetésekor megjelenik két új ismeretlen r és τ – feltehetően ez a kettősség csak elírás, de definiálni mindenképpen kellene. Az csak apróság, hogy az 1.7 egyenletben az integrálási határból csak a $-$ és $+$ jelek maradtak meg, de az 1.6 és 1.7 egyenletek ekvivalenciája is megkérdőjelezhető. A konfúziós zaj későbbi definíciója megint csak nem segíti a megértést. A 4.1 egyenlet bevezetésében „...a korábbiaknak megfelelően itt is k-ad rendű struktúrafüggvénnyel jellemezzük...”, viszont a korábbit hiába keressük. Ez már csak azért is probléma, mert a kifejezés értelmezhetetlen, mivel benne k-szerint szummázunk de szummán kívül ugyan azzal a k-val osztunk. Sajnos az eredeti cikkben is ez a hiba szerepel, és az ott szereplő hivatkozásokban sem találjuk meg a k-ad rendű struktúrafüggvény definícióját. Az eredeti cikkben „B” mint sky brightness szerepel, tehát precízen „mért fényesség” helyett itt is (spektrális) radianciának vagy sugársűrűségnek, esetleg felületi fényességnek kellene szerepelnie. A 4.4 egyenlet bevezetésénél is szerepel az „Ahogyan már láttuk..”, de ennek ellenére ez nem szerepel a dolgozat korábbi oldalain, a korábbi 1.10 egyenletben még nem szerepel a műszerzaj (szerencsére itt könnyen értelmezhető a dolog).

Habár ezek apróságnak tűnhetnek, de amikor hatványozottan jelentkeznek (három oldalon 9 hiba) nehezen értelmezhetővé teszik a dolgozatot. Az értekezés fele a konfúziós zajjal foglalkozik, az infravörös mérés technika pedig a radiometria keretein belül értelmezendő, így elvárható lenne, hogy tisztán, szabatosan szerepeljen minden mennyiség definíciója. Szerencsére mindezek a dolgozatban szereplő tudományos eredményeket nem érintik.

Kérdések

1. A konfúziós zaj a pont és kompakt források fotometriája szempontjából valójában zaj. Viszont a konfúziós zaj háttérében lévő égi háttér valójában egyéb csillagászati objektumokból származó jel. Ilyen

értelemben kereshetünk-e asztrofizikai szempontból hasznos információt a konfúziós zaj alapján?

2. A konfúziós zaj elvileg az asztrofizikai háttértől függ, az integrációs idő növelésével nem csökkenthető a mértéke, mint a műszerzaj esetén. A 7.2.1 fejezetben megadja a konfúziós zaj függését a műszerzajtól, ami látszólagos ellentmondás. Hogyan oldható fel ez a paradoxon? Létezik-e olyan formalizmus, amiben a különböző zajok mindig elkülönülnek?
3. A 12.7 ábra kapcsán a szerző megjegyzi, hogy „az instabilitás független a kezdeti választott pályaelemektől, ami leginkább a pálya viszonylag pontos ismeretének tudható be.” Hogyan kell értelmezni ezt a kijelentést, hiszen egy dinamikai rendszer érzékenysége a kezdeti feltételekre független attól, mennyire ismerjük a pályát. A 12.7 és 12.4 ábrákon az élettartam látszó fluktuációja kapcsolatban lehet-e fraktál szerkezettel? Ha igen, lehetséges-e az átlagosnál jóval hosszabb élettartamú pálya?

A dolgozat minősítése

A dolgozat magas színvonalú, mesterséges holdakra alapozott mérési adatok feldolgozásán alapul. A bemutatott technikai jellegű eredmények jelentős mértékben hozzájárultak az űrtávcsövek tudományos használatához, az eszközök segítségével, a naprendszer kis égitestestjeire vonatkozó eredmények pedig jelentősek azok fizikai tulajdonságainak megismerése szempontjából. A bemutatott eredmények jelentős szakfolyóiratokban jelentek meg, melyekre számottevő hivatkozás született.

A benyújtott doktori mű alapján megállapítható, hogy Kiss Csaba tudományos eredményei elegendőek az MTA doktora cím megszerzéséhez, a nyilvános védés kitűzését javaslom. Sikeres védés esetén javaslom az MTA doktori cím odaítélését.

Kaposvár, 2017. november 10.

Dr. Kolláth Zoltán
egyetemi tanár, az MTA doktora