

Válaszok Kolláth Zoltán kérdéseire

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?**

Mint ahogyan azt az 1. fejezetben tárgyaltam, a konfúziós zaj az infravörösben elsősorban a galaktikus cirrusz emisszióból és a kozmikus infravörös háttérből származó komponenseket tartalmazza. Egy korábbi munkámban (Kiss és mtsai, 2001, A&A, 369, 1161) ezeket a komponenseket különítettük el a cirrusz komponens felületi fényesség-függése alapján, és határoztuk meg az abból származó konfúziós zajt (7 ± 2 mJy, illetve 15 ± 4 mJy 90, illetve $170\ \mu\text{m}$ -en) és a kozmikus infravörös háttér abszolút értékét (14 ± 3 nW m⁻² sr⁻¹ 90 μm -en, illetve 37 nW m⁻² sr⁻¹ felső korlát 170 μm -en).

Kashlinky és mtsai (2007, ApJ, 654, L5) a Spitzer-űrtávcső IRAC kamerájának közép infravörös méréseiben a fluktuációs teljesítményben, tehát a konfúziós zaj segítségével detektáltak a 3,6 és 4,5 μm -es sávokban olyan fluktuációkat, amelyek 10-20 nJy fényességű, valószínűleg a III. populációba tartozó, a csillagok legelső generációját tartalmazó galaxisokból származnak. Ezek a galaxisok jóval fényesebbek, mint a ma a Tejútrendszer környezetében megfigyelhető társaik.

A jobb térbeli felbontású űrtávcsöveknek, pl. a Herschelnek köszönhetően az extragalaktikus háttér jelentős részét, bizonyos távoli infravörös hullámhosszakon több, mint 90%-át forrásokra lehetett bontani, ezért a háttér meghatározása a konfúziós zajból a 2010-es évektől háttérbe szorult.

Tágabb értelemben, a háttér teljesítményspektruma csillagközi anyag dominancia (elsősorban már molekuláris fázis) esetében összekapcsolható az anyag szerkezetével, pl. azt leíró fraktálszerkezet jellemzőivel (Stutzki és mtsai, 1998, A&A, 336, 697). A teljesítményspektrumból, vagy ezzel ekvivalens módon pl. Δ -variancia módszerrel, vagy a struktúra-függvény kiszámításával (Herbstmeier és mtsai, 1998, A&A, 332, 739) meghatározható a megfigyelt struktúra fraktáldimenziója. Molekulafelhőkben a tömegeloszlás pl. szoros összefüggést mutat a fraktálszerkezettel (Elmegreen & Falgarone, 1996, ApJ, 471, 816). A molekuláris csillagközi anyag fejlődésének modelljei igyekeznek kapcsolatot teremteni a szerkezetet kialakító folyamatok (szuperszonikus turbulencia, mágneses tér, fotoevaporáció, stb.) valamint a szerkezet és az azzal kapcsolatban lévő tömegeloszlás között, így a konfúziós zajból, vagy azzal ekvivalens mennyiségekből ezekre a fizikai folyamatokra is következtethetünk (pl. Chapell & Scalo, 2001, ApJ, 551, 712; Stutzki, 2009, ASP Conf. Ser., 417, 11).

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?**

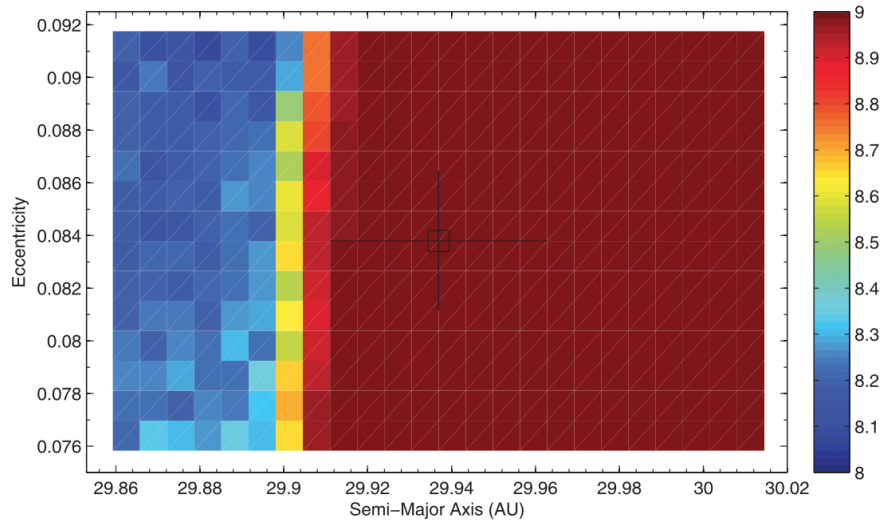
Az ellentmondás valóban látszólagos. Az említett 7.2.1 fejezetben talán valóban jobb lett volna pl. egy "effektív konfúziós zaj" elnevezést használni az itt leírt, az égi forrásokból származó zajra, mi (az ESA-s kollégákkal) ragaszkodtunk a konfúziós zaj kifejezéshez, ami végül ezen a módon került be a Herschel-űrtávcső konfúziós zajt becsülő alkalmazásába is. Véleményem szerint a dolgozatban szereplő formalizmus megfelelően leírja a konfúziós és a műszerzaj kapcsolatát, hiszen ennek alapján a klasszikus konfúziós *határ* – azaz a konfúziós zaj végtelenül kicsi műszerzaj esetén – mindig kiszámítható az adott műszerre és mérési konfigurációra, és ez abszolút jól jellemzi a zaj "asztrofizikai" komponensét a műszerzajtól függetlenül. A 7. fejezetben tárgyalt, praktikus szempontoknak azonban az itt használt, "műszerzaj függő" konfúziós zaj felelt meg inkább.

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 átlagnál jóval hosszabb élettartamú pálya?

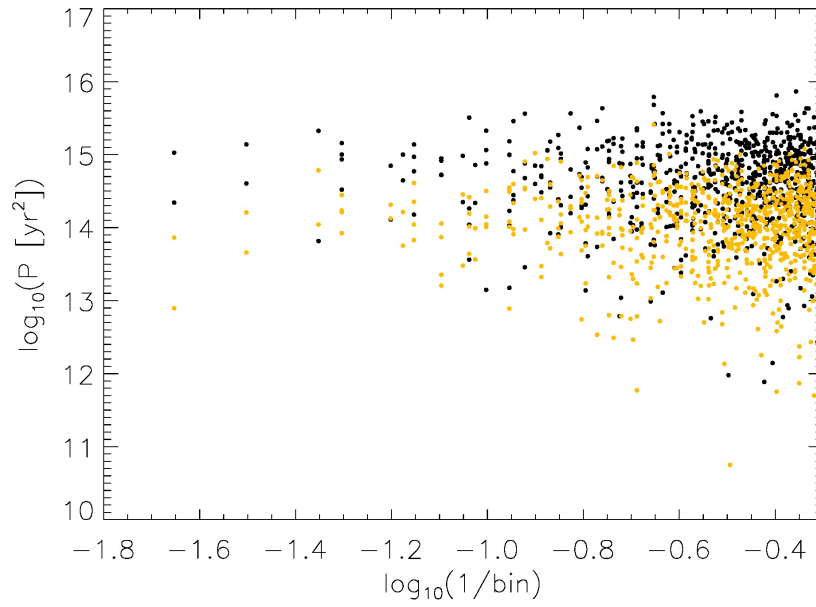
A dolgozatban a következő szöveg szerepel: "Az eredmények alapján a 2012 DR₃₀ viszonylag instabil pályán mozog (12.6 és 12.7 ábrák): a túlélő klónok száma közel exponenciálisan csökken az integrációs idővel, a klónpopuláció fele az első 75,5 millió évben távozik a rendszerből. Mindössze 16 próbatest (0,0176%) élte túl a teljes 4 milliárd éves integrációt. Ez az instabilitás lényegében független a kezdeti választott pályaelemektől (q, e, i), ami leginkább a pálya viszonylag pontos ismeretének tudható be. Ez azt is mutatja, hogy az így kapott eredmények reprezentatívak, nem úgy, mint pl. a 2008 LC₁₈ esetében (Horner és mtsai, 2012a), ahol az eredmények nagyban függtek a kezdeti feltételektől."

Mint ahogyan az az idézett ábrán látható, nincsen egyértelmű trend a vizsgált pályaelemek (e, q, i) és a stabilitás között, azaz a kis és nagy élettartamú pontok legalábbis látszólag véletlenszerűen oszlanak el. Erre vonatkozott a kijelentés, miszerint "az instabilitás lényegében független a választott pályaelemektől". Nem így van ez a szövegben kiemelt 2008 LC₁₈ esetében (ld. az alábbi ábrát), ahol erőteljes a függés a félnagyengelytől. A 2008 LC₁₈ esetében a félnagyengely hibája 0,02 CSE, a 2012 DR₃₀ esetében a hiba a tárgyalt perihéliumtávolságban jóval kisebb, a 2008 LC₁₈ esetén a gyorsan változó stabilitást egyszerűen az is okozhatja, hogy a kevésbé pontosan ismert pálya miatt a stabilitásvizsgálatba nagyobb félnagyengely tartomány került be, éppen olyan tartományban, ahol a stabilitás jelentősen változik.



1. ábra. A 2008 LC₁₈ stabilitása a félnagyengely és az excentricitás függvényében, Horner és mtsai (2012, MNRAS, 422, 2145) munkája alapján

A 12.7 ábrán látható adatok felhasználásával – amin a ugyanolyan inklinációjú klónok átlagos élettartamát ábrázoltam az excentricitás (e) és a perihéliumtávolság (q) függvényében, a legvalószínűbb e és q érték körüli $\pm 3\sigma$ tartományban – készítettem egy kétdimenziós, radiálisan átlagolt Fourier-teljesítményspektrumot (ld. az alábbi ábrát). A távolságot, a 12.7 ábrának megfelelően, egyszerűen az egyes pontok közötti távolságnak vettem, ugyanolyan mértéket használva mind e -ben, mind q -ban – ebből az effektív $e-q$ pontok közötti távolságból származtatjuk a "térfrekvenciát" is. A "fluktuációs teljesítményt" az adott excentricitás és perihélium ponthoz tartozó klón élettartamából kapjuk, ennek megfelelően "év²" mértékegységben. Mint ahogyan az ábrán látható, a fluktuáció értéke jó közelítéssel független a térfrekvenciától, bármilyen $e-q$ térbeli skálán legyünk is (Poisson-zaj). Ez azt jelenti, hogy két $e-q$ pár között átlagosan ugyanolyan nagy az élettartam különbség, bárhol is legyenek az ábrán, a vizsgált e és q intervallumokban. A Poisson-zajszerű viselkedés arra utal, hogy nincsen fraktálszerű struktúra az élettartamok eloszlásában.



2. ábra. A dolgozat 12.7-es élettartam ábrájának kétdimenziós, radiálisan átlagolt Fourier-teljesítményspektruma. A fekete pontok a medián, a narancssárga pontok az adott $e - q$ párhoz tartozó klónok átlagos élettartamát jelentik.

Ugyanakkor, a fraktálszerkezettől függetlenül, mint ahogyan azt a 12.6 ábrán a 2012DR30-ra bemutattam, természetesen vannak olyan túlélők, amik akár $3 \cdot 10^9$ évig is a Naprendszerben maradhatnak, bár ez csupán ~ 20 klónra korlátozódik. A 2013 AZ60 esetében, ami kevésbé stabil pályán mozog, 10^9 év után már alig marad túlélő klón (12.13 ábra).

Budapest, 2017. december 6.

Kiss Csaba