

## Válasz Dr. Kovács József opponens kérdéseire

Köszönöm Dr. Kovács Józsefnek az értekezésem gondos átolvasását, a véleményét, valamint a megjegyzéseket és kérdéseket, melyeket az alábbiakban válaszolok meg.

„1. A 2. tézispont a wavelet-analízisről és annak alkalmazásával nyert eredményekről szól, kiemelve, hogy a használatánál mire kell ügyelni (például az adatsorokban lévő örök wavelet-térképre gyakorolt hatása). Mivel minden mérés hibával terhelt – ami például kis amplitúdójú fényességváltozások esetén akár az amplitúdóval is összemérhető –, nyilván erre is figyelemmel kell lenni.

Kérdés: Mi a különbség egy jó jel/zaj viszonyú és egy zajos adatsor wavelet-térképe között, azaz milyen hatást gyakorol a zaj a wavelet-térképre, illetve az abból levonható következtetésekre.”

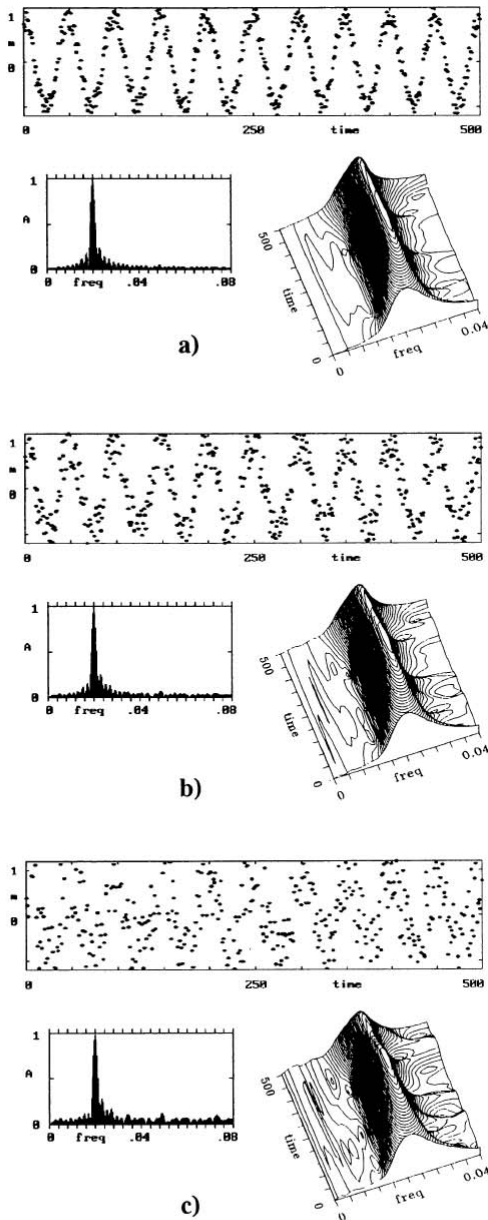
A zaj hatását a Fourier-spektrumra és a wavelet-térképre sokat vizsgáltam teszt adatsorok segítségével a korábbi munkáimban:

**Szatmáry K.**, Vinkó J., Gál J.: 1994, Applications of wavelet analysis in variable star research. I. Properties of the wavelet map of simulated variable star light curves, Astronomy and Astrophysics Suppl. Ser. 108, 377–394.

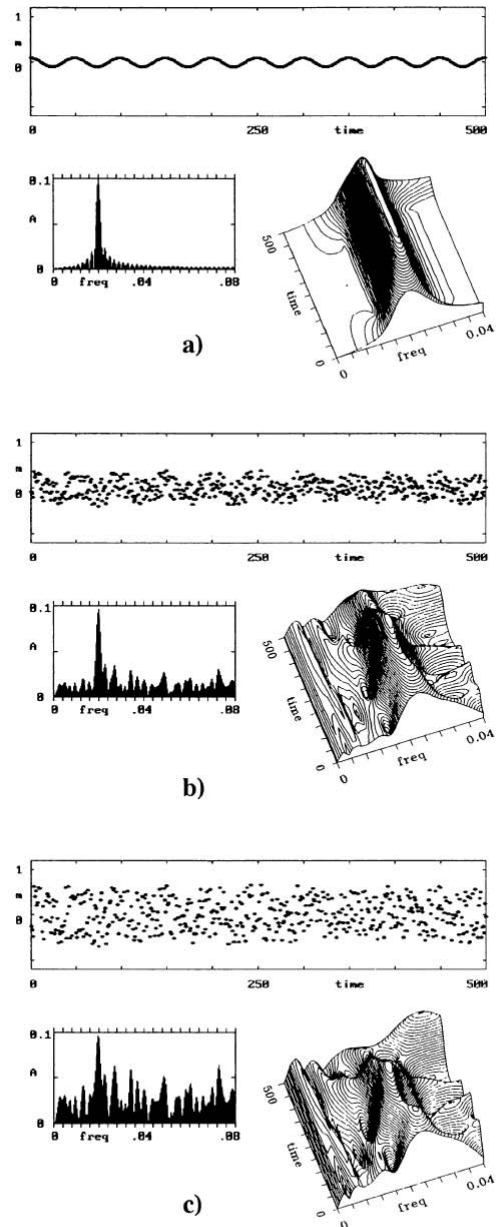
**Szatmáry K.**: 1994, Változócsillagok periódus-analízise az idő és a frekvencia tartományban, Kandidátusi értekezés, JATE, Szeged

A következő ábrán jól látható, hogy csak az igen zajos ( $S/N < 1$ ) esetekben kezdenek megerősödni a valódi jelhez képest a hamis csúcsok, a wavelet-térképeken a valódi gerinc amplitúdója ingadozni kezd és egyre nagyobb „hepe-hupák” jelennek meg.

Az  $S/N < 1$  esetekben a főbb rezgési komponensek még óvatosan azonosíthatók, de a periódus, az amplitúdó és a fázis értéke csak nagyobb hibával határozható meg, és az amplitúdó- vagy frekvenciamodulációról semmit sem mondhatunk.



**Fig. 4.** One sinusoidal component with white noise,  $m(t_i) = A \cos(2\pi/P t_i) + \text{rnd}$ ,  $i = 1, \dots, 500$  and  $t_i = i$ ,  $P = 50$ ,  $A = 1$   
 a)  $\text{rnd} = [+0.25, -0.25]$ ,  $S/N = 4$ , b)  $\text{rnd} = [+0.50, -0.50]$ ,  $S/N = 2$ , c)  $\text{rnd} = [+1.00, -1.00]$ ,  $S/N = 1$



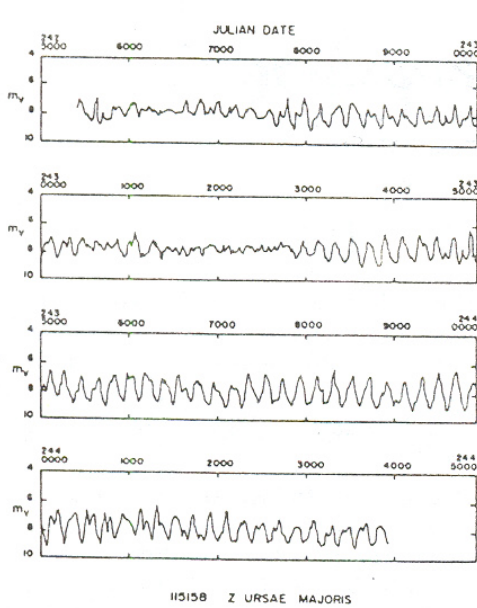
**Fig. 5.** Strong observational white noise,  $m(t_i) = A \cos(2\pi/P t_i) + \text{rnd}$ ,  $i = 1, \dots, 500$  and  $t_i = i$ ,  $P = 50$ ,  $A = 0.1$   
 a)  $\text{rnd} = 0$ , b)  $\text{rnd} = [+0.30, -0.30]$ ,  $S/N = 1/3$ , c)  $\text{rnd} = [+0.60, -0.60]$ ,  $S/N = 1/6$

„2. A 3. tézispontban tárgyalt, hosszúperiódusú mira   szemiregul rs csillagok fényváltozásának vizsgálatából származó eredmények az AAVSO adatbázisából let ltott és 10 napos átlagolással előállított fénygörbéken alapulnak.

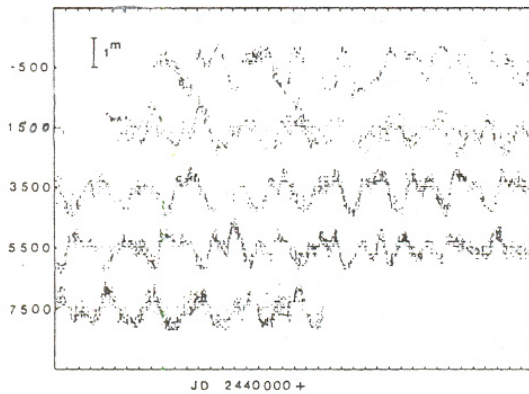
Kérdés: Az adatsorokban meglévő nagyobb  rket is figyelembe véve lehet-e valamilyen hatása a Fourier- és a wavelet-an l zis eredményeire annak, hogy a 10 napos átlagolás milyen JD pontokra történik?”

Végeztem már ilyen vizsgálatot: mivel jár, ha az átlagolást más időpontokra v gezz k, pl. JD 0-ra vagy 5-re v gz d en.

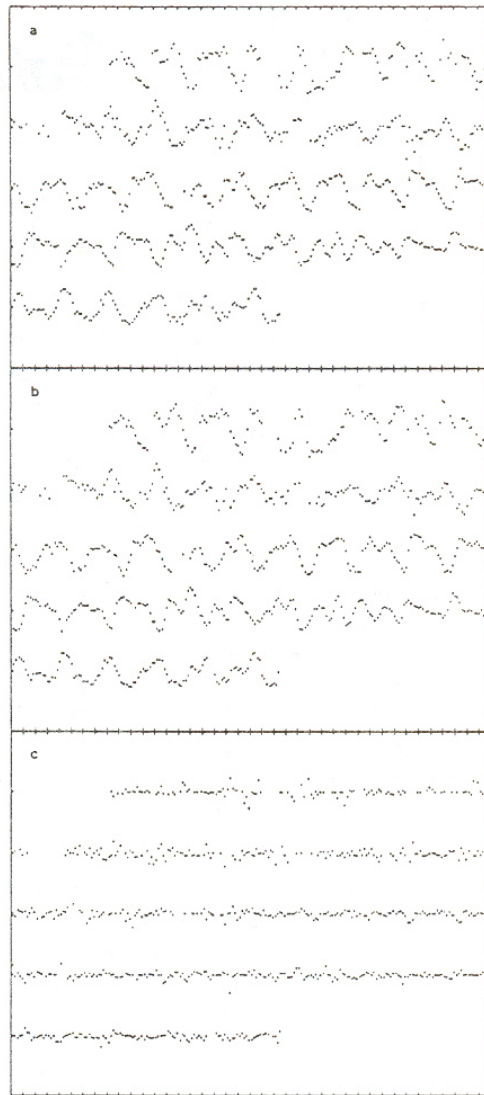
Szatmáry Károly-Gál János: 1992, Z Ursae Majoris 1968-91, Meteor 1992/5. 31-36.  
 Azt találtam, hogy a fénygörbében lesz különbség, random 0,1-0,2 magnitúdós eltérések, de a Fourier-spektruma és a wavelet-térképe a kétféle módon átlagolt fénygörbék gyakorlatilag megegyezett.



1. ábra.



2. ábra.



3. ábra. 10 napos átlag fénygörbék.  
 Skálázás mint a 2. ábrán.

Az átlagolással kapcsolatban érdekes egy eddig nem nagyon vizsgált „effektus”. Nem mindegy, hogy a 10 napos átlagolást pl. nullára vagy ötre végződő időpontokra végezzük. Szemléltetésül a 3/a. ábrán bemutatjuk az 5-re végződő ( $N = 794$  pont), a 3/b. ábrán a 0-ra végződő ( $N = 787$  pont) julián dátumokhoz tartozó átlagértékeket, a 3/c. ábrán pedig a két átlag-fénygörbe különbségét. Különösen a korábbi, ritkábban észlelt szakaszon jelentős az eltérés. Ennek hatása a periódusmeghatározásnál nem számottevő, de mindenképpen figyelni kell az átlagolásra.

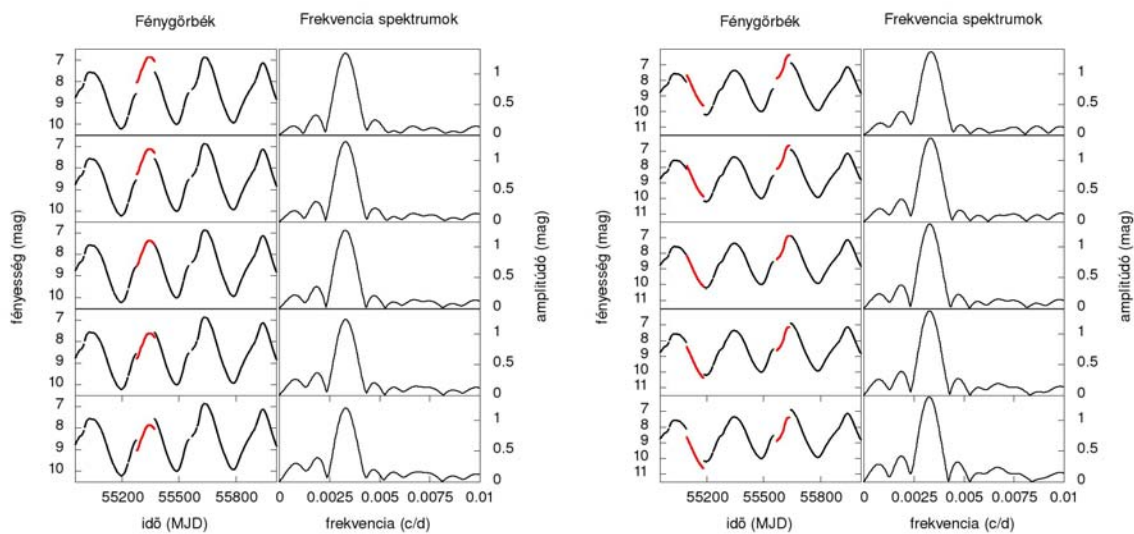
„3. A Kepler-adatok feldolgozásának egyik fontos lépése a különböző negyedekből származó nyers fénygörbék összetolása. Az ezzel kapcsolatban végzett tesztek konklúziója a 4. tézispont egyik megállapítása szerint az, hogy erre nem létezik egyedüli üdvözítő módszer, a

folyamatnak pedig a vizuális ellenőrzés is rendkívül fontos része, mivel a fénygörbékben maradó hamis trendek, ugrások később téves következtetések levonásához vezethetnek. Kérdés: Ha egyértelműen áruklódó nyomok nincsenek is, a tesztek során szerzett tapasztalatok alapján a végső fénygörbe vizuális inspekciónál túl mik lehetnek a – frekvenciaspektrumban is megjelenő – jelei annak, hogy az összetolás nem jól sikerült.”

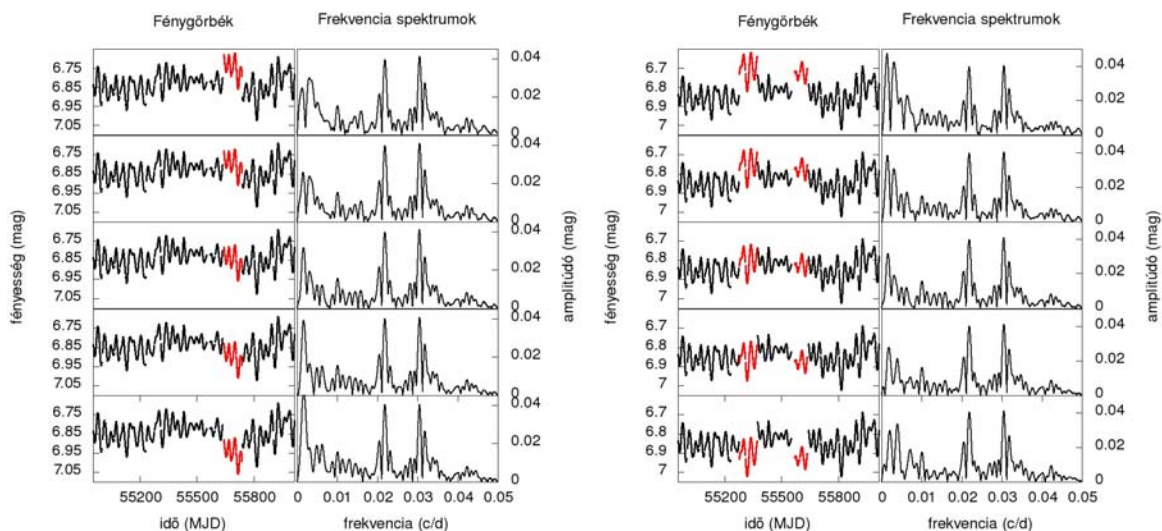
Erre nem tudok egyértelmű választ adni. Ha egy vagy több negyed a fénygörbén nem a „helyén” van, akkor több eset is előfordulhat.

1. Nagy amplitúdójú, mira-szerű fénygörbe: a „kilógó” negyed jelentősen lecsökkentheti a Fourier-spektrumban számolt amplitúdót, és a fázist is eltolhatja.
2. Kis amplitúdójú, rövid ciklusokból álló fénygörbe: az egy vagy több „kilógó” negyed hamis, hosszú periódusú, nagy amplitúdójú fényváltozásokra utaló csúcsok megjelenéséhez vezethet a Fourier-spektrumban.

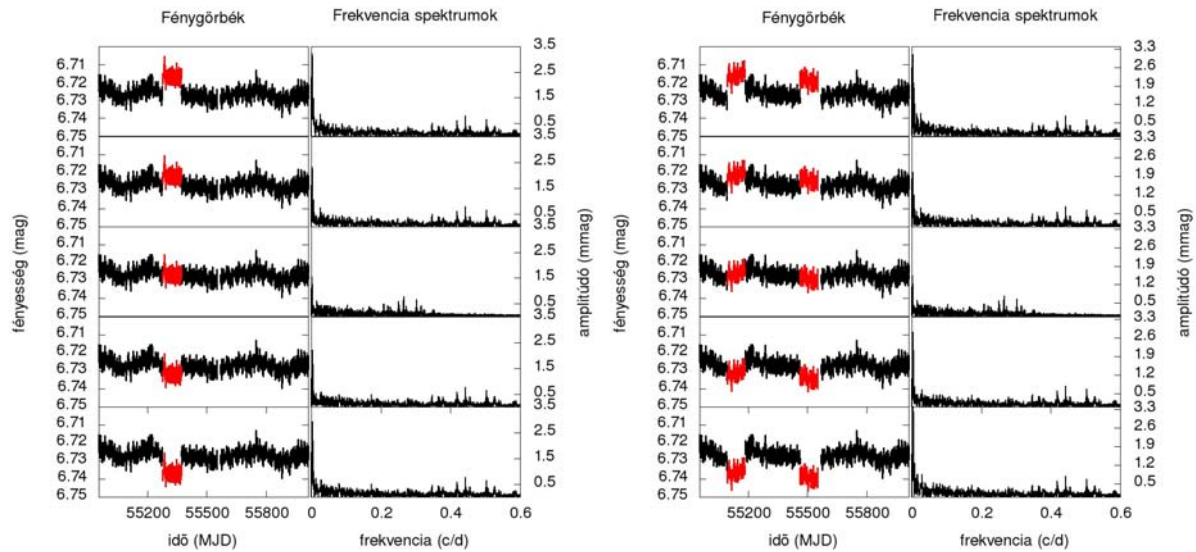
Ezekre mutatok be néhány példát:



KIC 5870047: balra a Q5 negyed, jobbra a Q3 és Q8 negyedek eltolásai.



KIC 2582664: balra a Q9 negyed, jobbra a Q5 és Q8 negyedek eltolásai.

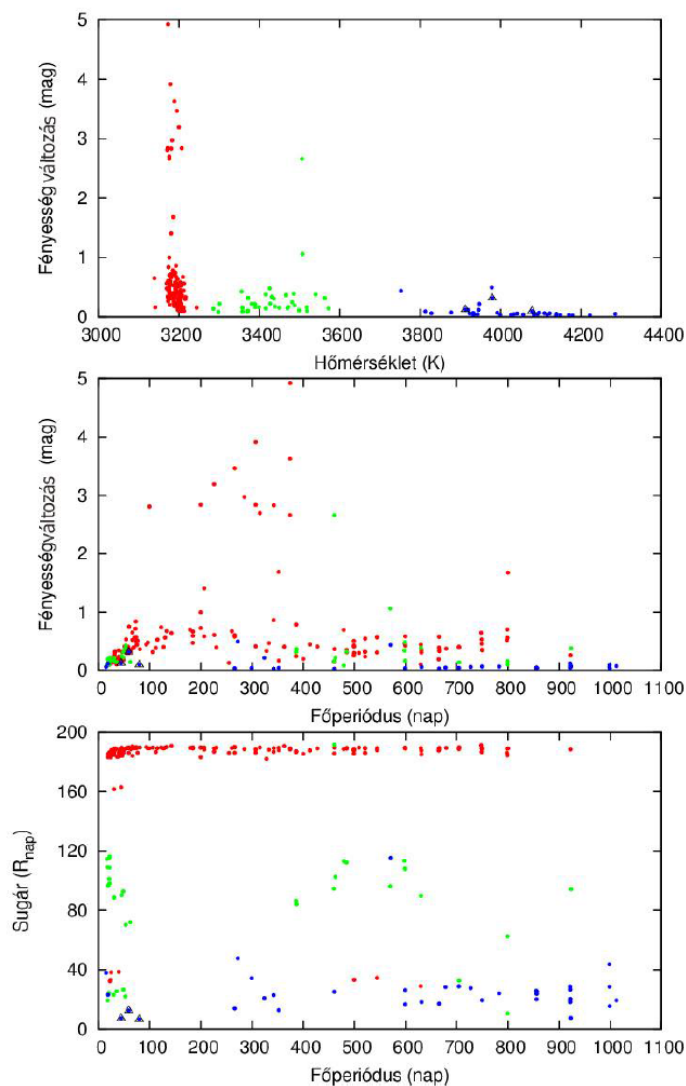


KIC 9754625: balra a Q5 negyed, jobbra a Q3 és Q7 negyedek eltolásai.

Csupán a frekvenciaspektrum önmagában nem mutathatja jelét annak, hogy az összetolás nem sikerült.

„4. A szintén a 4. tézispontban vázolt eredmény szerint a Kepler Input Catalog-ból kiválasztott 317 darab programcsillag fényességváltozásának amplitúdóját a felszíni hőmérséklet függvényében ábrázolva három jól elkülöníthető csoportot kapunk, ezekben az amplitúdó a növekvő hőmérséklettel csökken. A főperiódus függvényében ábrázolva az amplitúdót ez a csoportosulás nem látszik, a frekvenciaspektrumok hasonlósága alapján azonban szintén megfigyelhető.

Kérdés: Elképzelhető-e, hogy ez a csoportosulás csak kiválasztási effektus eredménye, azaz egy nagyobb elemszámú minta esetén – ha egyáltalán lehetne még a katalógusból (KIC) újabb csillagokat a mintába válogatni – az itt jelentkező ürök nem jelennének meg és egy „szépen” kitöltött diagramot kapnánk?”



6.23. ábra: 317 M színektípusú óriáscsillag paraméterei a KIC adatai és a domináns periódusérték alapján.

A csillagok kiválasztása a KIC katalógusból a következő feltételek alapján történt: az ASAS North programjában már szerepelnek, a  $J-K$  színindex  $> 0,9$  magnitúdó, a KIC  $T_{eff} < 4200$  K,  $\log g < 1,0$ . Az összes ilyen csillag benne van a 317-es mintában.

Nagyobb elemszámú minta esetén minden bizonnyal az itt hiányos hőmérséklet- és sugártartományok is benépesülnek. A mira-szerű csillagok azonban továbbra is egy meglehetősen elkülönülő csoportok alkotnának, főleg sugár és felszíni hőmérséklet tekintetében. A fényváltozás amplitúdója és a hőmérséklet közötti összefüggés is ilyen maradna.

Szeged, 2013. szeptember 30.

Szatmáry Károly