

# Csillagászati laboratórium II.

Idősor-analízis: diszkrét Fourier transzformáció (DFT)

## A gyakorlat célja

Jelen laboratóriumi gyakorlat nagyban támaszkodik az Általános Csillagászat előadáson elhangzott anyagra a változócsillagok periódus-meghatározási módszerei témában. Célkitűzés: a Diszkrét Fourier Transzformáció (DFT) alkalmazása teszt-adatsorokon, illetve igazi változócsillag-idősorokon Martin Sperl *Period04* programjával.

## Fourier-analízis a *Period04*-gyel

Martin Sperl programja, a *Period04*, egy csillagászati alkalmazásokra kihegyezett kombinált megvalósítása a Fourier-analízisnek és a nemlineáris többparaméteres függvényillesztésnek. Segítségével könnyedén kiszámíthatjuk a vizsgált jelek Fourier-spektrumát, illetve többlépcsős fehérítési lépéseken keresztül meghatározhatjuk a többszörösen periodikus jelek frekvenciaösszetevőit és azok paramétereit (frekvencia, amplitúdó, fázis).

A program indítása: `period04 &`. Egy menüpaneles ablak jelenik meg, ahol az ablak felső sorában a `File` és a `Special` menü szerepel, ami alatt a `Time-string`, `Fit`, `Fourier` és `Log` menüpanel található meg. Ez utóbbiak között kell elsődlegesen ugrálni. Mindegyikre klikkentve más-más lesz az ablak tartalma, aszerint, hogy mit is akarunk csinálni.

Először be kell olvasni a vizsgált adatfájlt. Ez az indítás után aktív `Time-string` panel alatt, az ablak alján levő `Import time string`-re klikkentve tehető meg. Értelemszerűen kiválasztva az aktuális adatfájlt egy kérdő ablak jelenik meg, ahol megadhatjuk az adatfájl oszlopainak jelentését. Ha nem ismerné fel az idő-fényesség párt, akkor az alapból ismeretlen oszlopok fejlécében az `Ignore` szócska jelenik meg. Ekkor az első oszlopra a `Time`, a másodikra az `Observed` szócskával utalhatunk. Ha mindent jól csináltunk, megjelenik az összes pont száma, valamint a kezdő és záró időpont értéke. A `Display graph` pontra klikkentve kapjuk meg a fénygörbe ábráját. A görbe paramétereit az ablakának felső menüsorában beállíthatók!

Második lépésben a `Fourier` menüpanelre klikkentve kapjuk a DFT számításának paraméterbeállító ablakát. A `From...` `To...` pontokban adhatjuk meg a kezdő és vég frekvenciát, ciklus/nap egységben. Ennek megfelelően, ha pl. a 20 naptól végtelen hosszú periódusig akarjuk a Fourier-spektrumot számítani, akkor a `From...` `To...` `0` `0.05` határokat kell megadni. A `Step rate`-ben a DFT számítási lépésközét adhatjuk meg, a `High` értéket meghagyhatjuk. Egy fontos beállítás a `Calculations based on:` pontban van. Az `Original data` eset az első lépésben szerepel. Ha az ablakfüggvényt akarjuk kiszámolni, akkor a `Spectral window` pontot kell bejelölni. Ha pedig fehéríteni akarunk, akkor a `Residuals at original` pontra van szükség (l. alább). A `Compact mode:` pontban állítsunk `All-t!`

Első lépésben mindent beállítva a `Calculate`-re klikkentve kiszámítjuk a DFT-t. Ezt is a `Display graph` pontra klikkentve nézhetjük meg, míg az `Export spectrum` ponttal kiíráthat-

juk adatfájlba (ekkor ábrázolhatjuk gnuplot-tal, hogy a jegyzőkönyvbe is beilleszthessük ábraként).

Ezek után térjünk át a Fit menüpanelre! Ha a Phase diagram-ra klikkentünk, megkaphatjuk a Fourier-spektrum legnagyobb csúcsához tartozó periódussal számolt fázisdiagramot (később már nekünk kell beállítani a periódus értékét). A Use Freq. pontban megjelent ennek a csúcsnak a frekvenciája, amplitúdója és fázisa. Ha bekapcsoljuk a sor elején levő kapcsolót (F1), majd a Calculate pontra klikkentünk, a program a paraméterek kicsiny változtatásával optimalizálja értéküket. Enélkül nem fehérlhetünk! Ha itt visszatérünk a Time-string menüpanelre és kirajzoljuk a fénygörbét, azon a megfigyelt pontok mellett feltűnik az illesztett görbe is, első lépésben az első szinusz.

A fehérités során a kapott frekvenciájú, amplitúdójú és fázisú szinuszt levonjuk az eredeti fénygörbéből, majd kiszámítjuk a maradék jel Fourier-spektrumát. Többszörös periodicitás esetén a második legnagyobb amplitúdójú frekvencia adódik a második lépésben. Ehhez át kell lépni a Fourier menüpanelhez, és ott minden paraméter maradhat az eredeti, egyedül az Original data helyett a Residuals at original pontot kell beállítani. Újra Calculate, újra vissza a Fit menüpanelhez, és minden ismétlődik az első alkalomhoz hasonlóan. Az egymást követő fehéritéseket addig folytatjuk, míg a maradék jel Fourier-spektruma zajon („fű”) kívül már semmit nem tartalmaz. A végeredmény egy frekvencia-sorozat, melynek frekvenciái (periódus reciproka), amplitúdói és fázisai (0 és  $2\pi$  között, 1-re normálva) alkotják az egész analízis eredményét.

## Feladatok

A laboratóriumi gyakorlathoz mellékleteként mindenki talál öt adatfájlt (*ac\_her.dat*, *z\_uma.dat*, *teszt1.dat*, *teszt2.dat*, *teszt3.dat*, azaz két valós és három szimulált adatsort). Ezekkel dolgozunk, a *Period04*-et rendszerszinten mindenki eléri.

1. Határozzuk meg az **AC Herculis** RV Tauri-típusú változócsillag fényváltozási periódusát Fourier-analízissel! A periódus értékét előzetesen becsüljük meg egy 200 nap hosszú részfénygörbe vizuális vizsgálatával (*gnuplot!*). Ábrázoljuk és csatoljuk jegyzőkönyvünkhöz a DFT spektrumot, valamint az elfogadott pontos periódussal a fénygörbe fázisdiagramját! Ez utóbbit pl. *awk*-kal is meghatározhatjuk:

```
awk '{print $1-epocha/periodus-int(($1-epocha)/periodus),
$2}' ac_her.dat > ac_her.faz
```

ahol az epocha a fázis zéruspontja, periodus pedig a meghatározott periódusértékünk.

2. Adjuk meg a *teszt1.dat* adatait generáló függvény analitikus alakját az adatsor Fourier-analízisének segítségével!
3. Adjuk meg a *teszt2.dat* adatait generáló függvény analitikus alakját az adatsor Fourier-analízisének segítségével! Mi okozhatja a „fű” nagyságát?

4. Adjuk meg a `teszt3.dat` adatait generáló függvény analitikus alakját az adatsor Fourier-analízisének segítségével! Mire kell figyelni általános esetben a többszörösen periodikus fénygörbék Fourier-analízisénel?
5. Végezzük el a **Z Ursae Majoris** félszabályos változócsillag háromfrekvenciás fénygörbe-illesztését! Mire következtethetünk a három legnagyobb amplitúdójú komponens periódusaiból?