



# CCD technika

Képfeldolgozás felsőfokon: Az IRAF II.

## Idősorok apertúra fotometriája

A cikksorozat első részében bemutattam, hogy az IRAF segítségével hogyan lehet CCD képeinken egyszerű „kézi jellegű” apertúra fotometriával kimérni a csillagok fényességét (Meteor 2001/1.). Ha valaki elkezd komolyan foglalkozni változócsillagok CCD fotometriájával, előbb-utóbb szembesül a problémával, hogy az egy éjszaka alatt összegyűlt több tucat képet egyesével betöltögetni és több százszor végignyomogatni ugyanazt a billentyűzet-kombinációt elég macerás. Az alábbiakban bemutatom, hogy miként tudjuk dolgunkat megkönnyíteni.

### A Julián-dátum beállítása

A mérések időpontjait Julián-dátumban, vagy – ha szükség van rá – heliocentrikus Julián-dátumban szokás megadni. Ha mérőprogramunk ezt nem írja be képeink fejlécébe, akkor az IRAF megfelelő programjaival mi magunk megtehetjük. A HJD számításához szükség van a mérés pontos idejére és a felvétel égi koordinátaira.

Készítsünk az idősor képeiről egy listafájlt: `ls *.fit > kepek.lis`. A fejlécek tartalmát az `imhead @kepek.lis l+ | page` utasítással tudjuk megnézni. Ha a képek égi koordinátái nincsenek a fejlécekben, a `hedit` task segítségével beírhatjuk. Például a rektaszcenzió (RA) beállítása: `epar hedit, images=@kepek.lis, fields=RA, value="'13:52:00'", add=yes, update=yes, :g`-vel futtatjuk, majd ugyanígy beírjuk a deklináció értékét is. Vessünk egy pillantást az obszervációs dátum (általában DATE-OBS) értékre is. Az IRAF számára a YYYY-MM-DD, vagy a DD/MM/YYYY formátum a helyes. Ha nem így van a fejlécben, ezt is módosítsuk. Szükségünk van még az észlelőhelyünk hozzávetőleges földrajzi koordinátaira is. Ezeket az `observatory` task paraméterlistájába kell beírni (`epar observatory`). Például Budapest esetén: `observa=Bp, name=Bp, longitu=-19, latitud=47.5, altitud=100, timezone=-1` vagy `-2` attól függően, hogy KözEI, vagy NyISz időt használtunk (ha UT van a fejlécben, akkor 0), majd `:q`-val kilépünk a szerkesztőből.

Ezek után a Julián-dátum beállítása a `noao.astutil` csomag `setjd` taskjával történik: `epar setjd, images=@kepek.lis, observa=obspars, date=DATE-OBS, time=TIME-OBS, expsur=EXPTIME, ra=RA, dec=DEC, jd=JD, hjd=HJD, ljd=LJD`. Az `update` és `utime` paraméterek értéke `yes`, ha az időpontok UT-ban vannak megadva a fejlécekben. Ha `no`-t írunk be, akkor az `observatory` task időzóna-paraméterét veszi figyelembe. Ha mindent jól csináltunk, megjelennek a fejlécekben a JD, HJD, LJD kulcsszavak a megfelelő értékekkel.

## Az idősor fotometria egyszerűbb változata

Gyakran előfordul, hogy a képeinken rögzített sok-sok csillag közül csak néhány fényváltozására vagyunk kíváncsiak (pl. egy változócsillag és egy-két összehasonlítható). A legelső felmerülő probléma ilyenkor, hogy a képek „lötyögnek” a távcsőmechanika vezetési hibái miatt. Ilyen esetekben viszonylag egyszerű alternatív megoldás a következő: a képsorozatból kiválasztunk egy referencia-képet, a többit pedig úgy toljuk el az imalign taskkal, hogy a képeken a csillagok ugyanazokon a koordinátákon legyenek. Ezután a képsorozatra ráereszthetjük a **noao.digiphot.apphot** csomag **qphot** taskját, kihasználva, hogy a **qphot**-nak lehet adni egy koordináta-listát a mérendő csillagokról – vagyis csak a megadott koordinátákon lévő csillagok fényességét fogja kimérni.

Hogyan lehet ezt megvalósítani? A recept: Az **imalign**-nak szüksége van egy input és egy output képlistára. Képeinkről készítsünk egy lista-fájlt:

```
ls *.fit > kepek.lis
```

Ez lesz az input lista. Ezután a készítsünk egy output listát is. Pl. egy egyszerű szerkesztővel megnyitjuk a **kepek.lis**-t és minden kép neve elé odaírunk egy **s**-t, vagy valami ilyesmi, majd mentjük el a listát más néven (pl. **eltol.lis**). Alternatív megoldás a következő:

```
awk '{print "s"$1}' kepek.lis > eltol.lis
```

Ehhez persze szükséges, hogy fel legyen telepítve gépünkre a minden Linux disztribúcióban benne lévő **awk** nyelv. Ha megnézzük az **imalign** paraméterlistáját (**epar imalign**), láthatjuk, hogy szükség van még egy prelimináris eltolásokat tartalmazó fájlra is (**shifts**), valamint referencia koordinátákra (egy kiszemelt csillag az adott képeken hol van). Ezek elkészítéséhez az **imexam** nyújt segítséget. Csináljunk egy utasítás-listát az **IRAF**-nek egy másik terminál ablakban:

```
for i in *.fit; do echo disp $i; echo imexam; done > eltol.cl,  
majd futtassuk:
```

```
cl < eltol.cl > refcord.txt
```

Egymás után betöltődnek a képek és elindul az **imexam**. A képeken ráállunk a kursorral egy kiválasztott csillagra (pl. a változóra) és **,**-t nyomunk (kiírja a csillag koordinátáit a **refcord.txt** fájlba), majd **q**-val kilépünk az **imexam**-ból és betöltődik a következő kép stb. Ezt eljárszuk az összes képre. Valami ilyesmi lesz a **refcord.txt**-ben:

```
z1=371. z2=645.8613
```

```
# COL LINE RMAG FLUX SKY N RMOM ELLIP PA PEAK MFWHM  
137.27 305.04 12.85 72328.0 509.00 77 4.19 0.144 57.3 2675.56 5.02
```

```
z1=375. z2=641.4958
```

```
# COL LINE RMAG FLUX SKY N RMOM ELLIP PA PEAK MFWHM  
137.50 303.00 12.92 68155.0 510.00 78 3.93 0.150 66.6 2041.37 5.88
```

```
...
```

```
...
```

```
...
```

Ebből csak a COL és a LINE (x,y koordináták) értékei kellene. A felesleges dolgokat egy editorral ki kell törölni, vagy végre kell hajtani a következő utasítást:

```
cat refcord.txt | grep -v '#' | grep -v 'z' | awk '{print $1,$2}' > refcord.dat
```

A refcord.dat-ban már csak a koordináták lesznek:

```
137.27 305.04
137.50 303.00
137.90 296.89
...
...
...
```

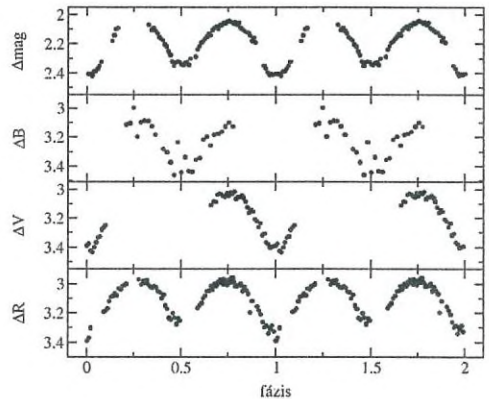
Ezután elkészítjük a körülbelüli eltolásokat tartalmazó fájlt (referenciaképnek célszerű a legelsőt venni):

```
awk '{print 137.27-$1,305.04-$2}' refcord.dat > shift.dat
```

Vagyis a legelső (referencia) kép csillagkoordinátáiból kivonjuk a többi kép koordinátáit. A shift.dat tartalma:

```
0 0
-0.23 2.04
-0.63 8.15
...
...
...
```

Állítsuk be az `imalign` paramétereit (`epar imalign`), és futtassuk (`:g`). A paraméterek nagyrésze értelemszerű: `input=@kepek.lis`, `referenc=az első kép`, `coords=refcord.dat`, `output=@eltol.lis`, `shifts=shift.dat`. Fontos, hogy interpoláció típusát köbös spline-ra állítsuk, és kapcsoljuk ki a trimmelést: `interp=spline3`, `trimima=no`. Az itt vázolt tortúrára csak akkor van szükségünk, ha nagyon nagy elcsúszások vannak a képek között, vagy ha túl sűrű a csillagmező. Legtöbbször elég az is, ha a referenciaképen kiválasztunk néhány fényesebb csillagot és ezek koordinátáit adjuk be egy fájlban a `coords` paraméternél, valamint `bigbox` méretét nagyra állítjuk (akár 30–40 pixelre).



Egy fedési kettőscsillag szűrő nélküli és Johnson BVR szűrőkön keresztül mért fázisgörbéi IRAF-fel kiredukálva és Grace-szel ábrázolva

Ezután már csak annyi a dolgunk, hogy a referencia képről kigyűjtjük a számunkra érdekes csillagok koordinátáit (**disp**, **imexam**, **-k** nyomogatása, **q**) és beleírjuk egy fájlba (pl. **eztmerd.dat**) hasonló elrendezésben, mint ahogy az a **refcord.dat**-ban van. Az **epar qphot** utasítással editáljuk a **qphot** paramétereit: **image=@eltol.lis**; **annulus**, **dannulus**, **aperture** az előző cikkben leírt módon; **coords=eztmerd.dat**; **output=default**; **obstime=HJD**, **interac=no** és **:g**-vel futtatjuk. A **task** sikeres lefutása után kapunk egy csomó **.mag.1** kiterjesztésű fájlt. Ha belenézünk egy ilyen fájlba, borzasztó elrendezésben láthatjuk az adatokat. A hasznos információkat a **txdump** paranccsal nyerhetjük ki. Ha **HJD** és fényesség adatokra van szükségünk: **txdump \*mag.1 otime,mag yes > magok.dat**. Természetesen a **txdump**-pal más paramétereiket (koordináták, a csillag sorszáma, hiba, képnév stb.) is ki tudunk bányászni. A paraméterek kulcsszavait a **.mag** fájlok átböngészésével tudhatjuk meg.

A **magok.dat**-ba belenézve valami ilyesmit láthatunk:

```
2451985.27409792  10.339
2451985.27409792  12.795
2451985.27457245  10.380
2451985.27457245  12.833
...
...
...
```

Ha egy változó-összehasonlító párunk volt és a képeken a változót mértük ki először, akkor az első oszlopban a **HJD**-k, a másodikban pedig felváltva a változó és az összehasonlító instrumentális fényességei követik egymást. Hát ezzel nem megyünk sokra. Jobb lenne, ha egy sorban az időpont és a hozzá tartozó differenciális fényesség lenne. A probléma egy lehetséges megoldása a következő:

```
awk '{hjd=$1; v=$2; getline; hjd=$1; oh=$2; print hjd,v-oh;}'
magok.dat > diffmag.dat
```

A **diffmag.dat** tartalma már elégedett mosolyt csalhat arcunkra:

```
2451985.27409792 -2.456
2451985.27457245 -2.453
2451985.27504698 -2.452
2451985.27552151 -2.451
...
...
...
```

Ezt már lehet ábrázolni, majd gyönyörködni a fénygörbében! Fénygörbe gyártáshoz Linux alatt mindig kéznél van a **gnuplot**, de aki nem szeret vesződni a parancs-soros vezérlésével, annak figyelmébe ajánlom a majdnem minden igényt kielégítő **Grace** nevű grafikus felületű ábrázoló programot (<http://plasma-gate.weizmann.ac.il/Grace>).

## A profi eljárás: daofind

Az idősorok fotometriájának sokkal profibb, de több buktatót magában rejtő változata, ha a képeken a csillagokat egy automata csillagkereső program keresi meg – ezt csinálja a **noao.digiphot.apphot** és a **noao.digiphot.daophot** csomagokban egyaránt megtalálható **daofind**. A **daofind** ereje akkor mutatkozik meg igazán, amikor a képeink rengeteg csillagot tartalmaznak és mi az összes csillag fényességét ki akarjuk mérni.

Kukkantsunk bele a **daofind** paraméterlistájába: **epar daofind**. Az első paraméter szokás szerint a kép/képlista neve, az output maradjon default értéken. Ha tényleg automatikus keresést akarunk, akkor az **interac**-ot állítsuk **no-ra**; esetleg a **verbose**-t bekapcsolhatjuk **yes**-szel, hogy tudjuk, éppen mit csinál a program. Két fontos beállítandó dolog van még: a **datapar** és a **findpar**. Ezek nem önálló paraméterek, hanem újabb, a keresés finomhangolására szolgáló paraméterlistákat rejtenek magukban, amiket **:e**-vel lehet előcsalni. A **datapar** fontos kapcsolói: **fwhmpsf** - a csillagok félértékszélessége; **sigma** - a háttér szórása (jó közelítéssel az **imexam m** parancsa által adott **STDDEV** értéke); **datamin**, **datamax** - a keresés fényességtartományát lehet beállítani velük. Pl. ha csak 2000-nél fényesebb, de 60000-nél halványabb csillagokkal akarunk foglalkozni: **datamin=2000**, **datamax=60000**. A paraméterlistából **:q**-val léphetünk vissza. A **findpars**-ban tudjuk beállítani, hogy milyen objektumot tekintsen csillagnak a program. A legjobb, ha ezeket a paramétereket nem bántjuk, mert az átállításuk általában többet árt, mint használ. Talán csak a **thresho**-t (mennyivel emelkedik ki egy csillag a háttér szórásából) érdemes változtatni. Ezt néha érdemes akár 10-15-re is felvenni.

Ha minden jól megy, futtatás után minden képünkhöz fog tartozni egy **.coo.1** kiterjesztésű borzalmas szerkezetű koordináta-lista. A koordinátákat ki is tudjuk pötytyözni a képernyőn megjelenített CCD képekre a **tvmark** task segítségével.

Ha a **qphot** **coords** paraméterét **default**-ra állítjuk, akkor a program a fotometria során az előbbieken megtalált csillagokat fogja kimérni. Az eredmény természetesen most is **.mag**.? kiterjesztésű állományokban áll a későbbiekben rendelkezésünkre.

Előfordulhat, hogy képeinken a csillagok nagyon közel vannak egymáshoz, esetleg össze is érnek. Egymáshoz közeli csillagok apertúra fotometriájánál a legnagyobb probléma a háttér meghatározása, de az IRAF-ben erre is vannak megfelelő eszközök. Egymásba lógó csillagokat pedig gyakorlatilag csak csillagprofil illesztéses (PSF) fotometriával lehet pontosan kimérni. A következő cikkben a **qphot**-nál lényegesen nagyobb tudású **phot** programot fogom ismertetni, valamint ízelítőt adok az IRAF PSF fotometriai taskjainak használatából.

CSÁK BALÁZS

**Nem csak tükröt, hanem távcsövet is Csatlóstól!  
Készít, javít, átalakít!**

**Csatlós Géza (1021 Budapest, Szerb Antal u. 4. II/7., tel: 274-3070)**