

## CSILLAGÁSZATI LABORATÓRIUM II.

### 8. IRAF V. Idősorok apertúra fotometriája

#### Célkitűzés:

Nagy mennyiségű CCD kép automatikus kiredukálása a rajtuk levő változócsillag fénygörbéjének felvételéhez. Mindezt minimális beavatkozással a redukálási folyamatba, kezdve a flat-korrekciótól egészen az idő-fényesség adatpárok megalkotásáig az apertúra fotometrián keresztül. Az itt következő leírás forrása Csák Balázs cikke (Idősorok apertúra fotometriája, Meteor 2001/9).

#### 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 > flist`. A fejlécek tartalmát az `imhead @kepek.lis 1+ | more` utasítással tudjuk megnézni. Ha a képek égi koordinátái nincsenek a fejlécekben, a `hedit` task segítségével beírhatjuk. Például a rektaszcenzió (RA) beállítása: `epar hedit, images=@flist, fields=RA, value="'13:52:00'", add=yes, update=yes, :g`-vel futtatjuk, majd ugyanígy beírjuk a deklináció és a koordináták epochájának értékét is (az utóbbit az EPOCH mezőbe írt 2000-zel tehetjük meg 2000-es koordináták esetében). 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 (a gyakorlaton redukált képeknél nem kell módosítani!). Szükségünk van még az észlelőhelyünk hozzávetőleges földrajzi koordinátaira is. Ezeket az `observatory` task paraméterlistájába kell beírni (`epar observatory`). Például Szeged esetén: `observa=Szg, name=Szeged, longitu=-19, latitud=47.5, altitud=100, timezon=-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=@flist, observa=obspars, date=DATE-OBS, time=TIME-OBS, expsur=EXPTIME, ra=RA, dec=DEC, epoch=EPOCH, jd=JD, hjd=HJD, ljd=LJD`. Az `update` és `uttime` 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 összehasonlító). 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` taszkkal, 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 > flist
```

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

```
awk '{print "s"$1}' flist > slist
```

Választanunk kell egy referenciaképet, amihez képest az összes képet eltoljuk egy közös koordináta-rendszerhez. Legyen ez pl. az első kép. Ezen ki kell jelölnünk néhány (2-3) fényesebb csillagot és koordinátáikat ki kell íratnunk egy fájlba, pl. a `refcord.dat`-ba (`imexam`, csillagra rávisszük a kurzort, majd `,-t` nyomunk; a kapott adatokból csillagonként csak az első kettőt, az `x` és `y` koordinátát visszük át a `refcord.dat`-ba). Állítsuk be az `imalign` paramétereit (`epar imalign`), és futtassuk (`:g`). A paraméterek nagyrésze értelemszerű: `input=@flist`, `referenc=az első kép`, `coords=refcord.dat`, `output=@slist`. Fontos, hogy interpoláció típusát köbös spline-ra állítsuk, és kapcsoljuk ki a trimmelést: `interp_=spline3`, `trimima=no`. A `bigbox` méretét állítsuk nagyra (akár 30-40 pixelre), az iterációk számát - `niterat` - néhányra (pl. 5-re), a toleranciát - `toleran` - pedig 1-re.

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=@slist`; `annulus`, `dannulus`, `aperture` a korábbi laborokon gyakorolt 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 paramétereket (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:

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

Ezt már lehet ábrázolni és továbblépni a valódi csillagászati problémák megoldása felé.

## Feladatok:

A laboratóriumi gyakorlathoz a DY Pegasi nagy amplitúdójú  $\delta$  Scuti-csillag 2001. aug. 12/13-i méréseit használjuk fel (Derekas Aliz, Szegedi Csillagvizsgáló). Adott 253 db egyedi felvétel a csillagról (`dypeg*.fit`), valamint 6 db flatkép (`v2flat*.fit`). A változócsillag 2000-es koordinátái: RA=23:08:51, DEC=17:12:56, a képeken a jobb felső sarokban található, a második legfényesebb csillagként.

1. Végezzük el a 253 db felvétel flatkorrekcióját! Ehhez a `noao.imred.ccdred` flatcombine taszkjával állítsuk elő az átlagos flatképet,

majd a `ccdproc` taszkkal hajtsuk végre a korrekciót! Használjunk listafájlokat, a flatkorigált képek ne az eredetiek felülírt példányai legyenek!

2. Állítsuk be a képek fejlécében a Julián-dátumot és a heliocentrikus Julián-dátumot!

3. Az `imalign` taszkkal toljuk egy koordináta-rendszerbe az összes képet. A referenciakép ne az első, hanem a `*01005.fit` legyen (az ötödik kép).

4. Jelöljük ki a kimérendő csillagokat (változó, összehasonlító és ellenőrző), írjuk be koordinátaikat a szükséges fájlba (ha segítségükkel töltöttük fel a `refcord.dat`-ot, akkor azt a fájlt egyben itt is felhasználhatjuk). A `noao.digiphot.apphot` csomag `qphot` taszkjával mérjük ki a fényességeket!

5. Állítsuk elő az `awk` segítségével a differenciális `v-comp`, `comp-check` adatokat, majd `gnuplot`-tal ábrázoljuk a fénygörbéket.

6. Készítsük és a LaTeX-ben írt jegyzőkönyvet, benne a fénygörbéekkel. Mennyi a fényességmérés becsült pontossága?