

MTA CSFK

Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet



# Echelle spektrumok redukálása

Papp Dávid

Budapest / Piszkestető

2014

# Tartalomjegyzék

<b>1. Listafájlok elkészítése</b>	<b>2</b>
<b>2. A Bias korrekció</b>	<b>3</b>
2.1. Az átlagolt Bias kép elkészítése . . . . .	3
2.2. A Bias korrekció . . . . .	3
<b>3. A Dark korrekció</b>	<b>3</b>
3.1. Az átlagolt Dark kép elkészítése . . . . .	3
3.2. A Dark korrekció . . . . .	3
<b>4. A Flat korrekció</b>	<b>4</b>
4.1. Az átlagolt Flatfield kép elkészítése . . . . .	4
4.2. A Flatfield kép elkészítése . . . . .	4
4.3. A Flat korrekció . . . . .	4
<b>5. Az obszervatórium adatainak beállítása</b>	<b>5</b>
<b>6. A képek fejlécének módosítása</b>	<b>5</b>
<b>7. A HJD beírása</b>	<b>6</b>
<b>8. Az apertúrák követése és a hullámhossz kalibrálás</b>	<b>7</b>
8.1. Az apertúrák követése . . . . .	7
8.2. A hullámhossz kalibrálás . . . . .	10
<b>9. A kontinuum normálás</b>	<b>12</b>
<b>10. Az 1 dimenziós spektrum készítése</b>	<b>13</b>

A leírást a második Echelle spektrum redukálásom közben írtam, hogy a későbbiekben fel tudjam használni, nincs mögötte több éves tapasztalat! A hiányzó flat-képek miatt a flat-korrekció és a háttér illesztés még nincs benne! Észrevételeket, tanácsokat szívesen fogadok: padre.papp@gmail.com

## 1. Listafájlok elkészítése

```
ls bias*fit > bias.list
```

```
ls dark*fit > dark.list
```

```
awk '{print "b"($1)"s"}' dark.list > bdark.list
```

```
ls flat*.fit > flat.list
```

```
awk '{print "b"($1)"s"}' flat.list > bfalt.list
```

```
awk '{print "bd"($1)"s"}' flat.list > bdfalt.list
```

```
ls obj*fit > obj.list
```

```
awk '{print "b"($1)"s"}' obj.list > bobj.list
```

```
awk '{print "bd"($1)"s"}' obj.list > bdoobj.list
```

```
awk '{print "bdf"($1)"s"}' obj.list > bdfobj.list
```

```
ls thar*fit > thar.list
```

```
awk '{print "b"($1)"s"}' thar.list > bthar.list
```

```
awk '{print "bd"($1)"s"}' thar.list > bdthar.list
```

```
awk '{print "bdf"($1)"s"}' thar.list > bdfthar.list
```

Az általam használt jelölésrendszerben a bias-korrigált képek egy *b* betűt kapnak a fájlnev elejére, a dark-korrigáltak *bd*-t, és a flat-korrigáltak *bdf*-et.

Figyelni kell arra, ha több fajta expozíciós idejű képet használunk, akkor azokat külön listákba rendszerezzük (ne keverjük az 5 sec-es Dark képet a 120 sec-essel).

A fájlneveket azért kell átnevezni *.fit*-ről *.fits*-re mert később a *doeclit* task csak így eszi meg őket (gondolom ez függhet az IRAF verziójától).

## 2. A Bias korrekció

### 2.1. Az átlagolt Bias kép elkészítése

Noao => imred => ccdred => **epar zerocombine**

*input:* fájlnev vagy lista (pl: @bias.list)

*output:* Zero.fits

*combine:* average

*ccdtype:* kép típusa (zero)

### 2.2. A Bias korrekció

Noao => imred => ccdred => **epar ccdproc**

*input:* fájlnev vagy lista (pl: @obj.list)

*output:* fájlnev vagy lista (pl: @bobj.list)

*ccdtype:* kép típusa (flat, object, comp)

Minden no, kivéve zerocor: yes

*readaxi:* kiolvasási irány (line)

*zero:* korrigáló kép neve (Zero.fits)

## 3. A Dark korrekció

### 3.1. Az átlagolt Dark kép elkészítése

Noao => imred => ccdred => **epar darkcombine**

*input:* fájlnev vagy lista (pl: @bdark.list)

*output:* Dark60.fits (60 másodperces Dark képek átlagolt képe)

*combine:* median

*ccdtype:* zero, bias

### 3.2. A Dark korrekció

Noao => imred => ccdred => **epar ccdproc**

*input:* fájlnev vagy lista (pl: @bobj.list)

*output:* fájlnev vagy lista (pl: @bdobj.list)

*ccdtype:* kép típusa (flat, object, comp)

Minden no, kivéve darkcor: yes  
*readaxi*: kiolvasási irány (line)  
*dark*: korrigáló kép neve: Dark60.fits

## 4. A Flat korrekció

Mivel jelenleg a flatlámpa nem működik az RCC-n ezért élesben még nem sikerült tesztelnem, az egyetemen oktatókat írom le.

### 4.1. Az átlagolt Flatfield kép elkészítése

Noao => imred => ccdred => **epar flatcombine**

*input*: fájlnev vagy lista (pl: @bdflat.list)

*output*: flat.fits

*combine*: median

*ccdtype*: kép típusa (flat)

Ezután az *implot* task-kal megnyitjuk a *flat.fits* fájlt és kiválasztjuk az apertúra hasznos tartományát.

Noao => imred => ccdred => **implot Flat.fits**

apedit.width=<érték>

apfind.minsep=<érték>

apresize.ylevel=0.5

apresize.bkg=no

### 4.2. A Flatfield kép elkészítése

Noao => imred => echelle => **epar apflatten**

*input*: flat.fits

*output*: Flat.fits

Minden yes, ahol ez kérdés!

### 4.3. A Flat korrekció

Noao => imred => ccdred => **epar ccdproc**

*input*: fájlnev vagy lista (pl: @bdobj.list)

*output*: fájlnev vagy lista (pl: @bdfobj.list)

*ccdtype*: kép típusa (object, comp)

Minden no, kivéve flatcor: yes

*readaxi*: kiolvasási irány (line)

*flat*: Flat.fits

## 5. Az obszervatórium adatainak beállítása

Itt a piszkéstetői RCC teleszkóp adatait írtam be.

Noao => **epar observatory**

*command*: honnan vegye az adatokat (set)

*observa*: obszervatórium azonosítója (obspars)

*name*: obszervatórium neve (rcc) *longitu*: földrajzi hosszúsága (-19.89558)

*latitud*: földrajzi szélesség (47.91833)

*altitud*: magassága (934.6)

*timezon*: időzóna (2)

*override*: obszervatórium azonosítója (obspars)

## 6. A képek fejlécének módosítása

Mivel jelen állapotában a készült képek fejlécei nem tartalmazzák a RA,DEC,EPOCH,IMTYP adatokat ezért ezeket nekünk kézzel kell beírunk.

Noao => imred => **epar hedit**

```
images =          @bdfobj.list  images to be edited
fields =          DEC  fields to be edited
value =          63:51:9  value expression
(add =          yes) add rather than edit fields
(addonly=        no) add only if field does not exist
(delete =        no) delete rather than edit fields
(verify =        no) verify each edit operation
(show =          yes) print record of each edit operation
(update =        yes) enable updating of the image header
(mode =          q1)
```

Csillagunk koordinátáit megkereshetjük például a SIMBAD nevű adatbázisból. Az RA koordinátákat "'44:58:06'", míg a DEC koordinátákat '15:45:34' formában kell megadni (fogalmam sincs miért, ha lefuttatjuk a taskot kiírja, hogy milyen alakban írta be a header-be, ha átváltotta tizedesjegyes számmá, akkor nem jól adtuk meg és később a *setjd* task nem fogja megenni).

Értelemszerűen megadjuk a RA,DEC és EPOCH adatokat, majd az IMTYP adatot; az objektumét állítsk *object*-re míg a ThAr lámpáét *comp*-ra

## 7. A HJD beírása

Noao => imred => echelle => **epar setjd**

```
images = @bdfobj.list Images
(observa= obspars) Observatory of observation
(date = date-obs) Date of observation keyword
(time = ut) Time of observation keyword
(exposur= exptime) Exposure time keyword
(ra = ra) Right ascension (hours) keyword
(dec = dec) Declination (degrees) keyword
(epoch = epoch) Epoch (years) keyword

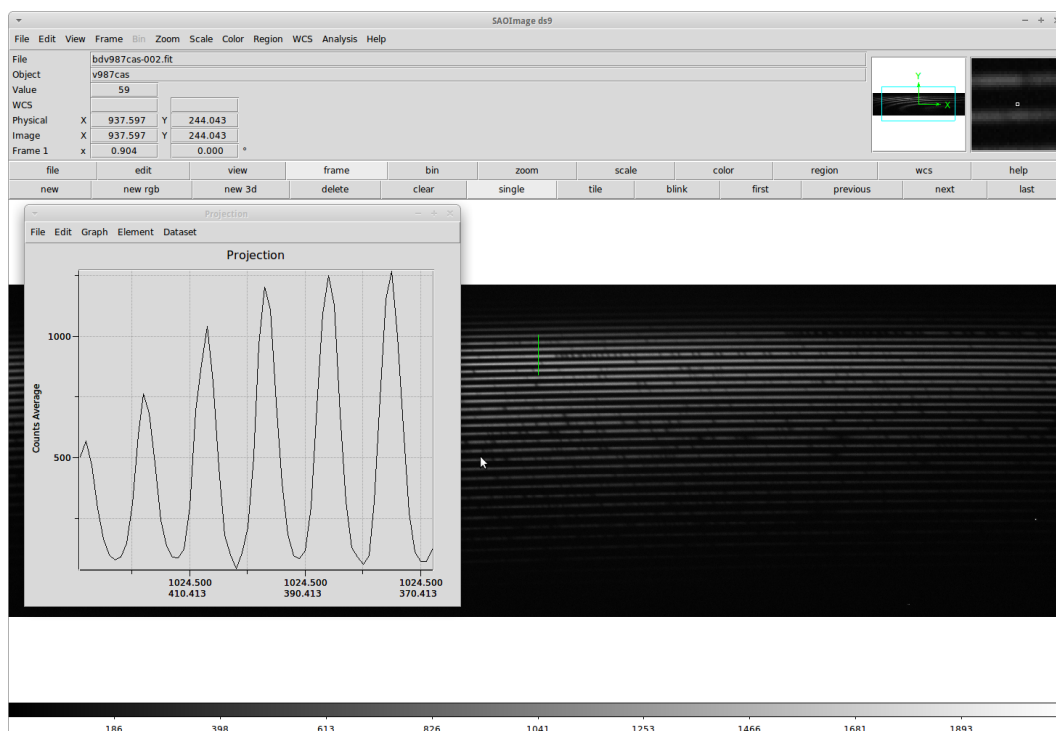
(jd = jd) Output Julian date keyword
(hjd = hjd) Output Heliocentric Julian date keyword
(ljd = ljd) Output local Julian date keyword

(utdate = yes) Is observation date UT?
(uttime = yes) Is observation time UT?
(listonl= no) List only without modifying images?
(mode = ql)
```

A ThAr képeknél a hjd mezőt hagyjuk üresen! (mivel azoknál ugye nincs RA/DEC)

## 8. Az apertúrák követése és a hullámhossz kalibrálás

Először nézzük meg az apertúrák szélességét. Ehhez nyissunk meg egy objektum spektrumot DS9-el, majd válasszuk a menüsorból a Region => Shape => Projection opciót és húzzunk a vonalakra merőleges egyenest. A feljövő *Projection* ablakban az egérrel zoomolhatunk is, és leolvashatjuk az apertúrák méretét pixelben.



1. ábra. A DS9 alatt használt Projection funkció

### 8.1. Az apertúrák követése

Noao => imred => echelle => **epar doecslit**

*objects:* @bdfobj.list

*apref:* apertúra referencia spektrum (ez lehet például az egyik objektumkép fájlneve a *.fits* végződés nélkül)

*arcs:* spektrállámpa spektrumok (van, hogy a listafájlt valamiért nem eszi meg, ekkor adjuk meg neki a fájlneveket vesszővel elválasztva a *.fits* végződés nélkül)

*norders:* 35

*width:* 10 (a profilok szélessége pixelben)

*clean:* yes

*trace:* yes



*backgro*: none

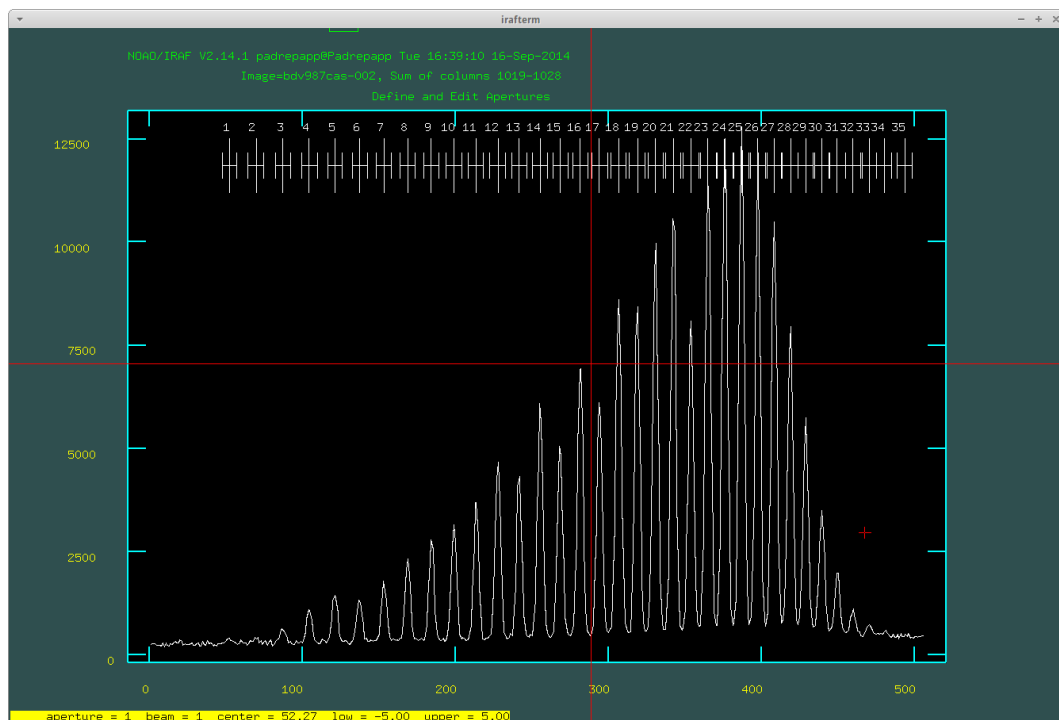
*splot*: kirajzolja-e a végső spektrumot (yes)

A *doeclit* tasknak vannak alparamétere, amit az (*sparams*= mezőbe írt *:e*-vel tudunk elérni.

Először futassuk le a taskot, majd gépeljük be egy nagy *i*-t. Ez megszakítja a folyamatot és visszadob minket a felugró *irafterm* ablakból az *xgterm*-be. Erre azért van szükség, mivel az *irafterm* ablakot nem tudjuk nagyítani amíg aktív. Nagyítsuk fel az *irafterm* ablakot, hogy kényelmes legyen rajta dolgozni, majd ismét futassuk le a *doeclit*-et.

FIGYELEM: az *irafterm* ablakot NE zárjuk be mert összeomlik az IRAF!!!(legalábbis az általam használt verzió).

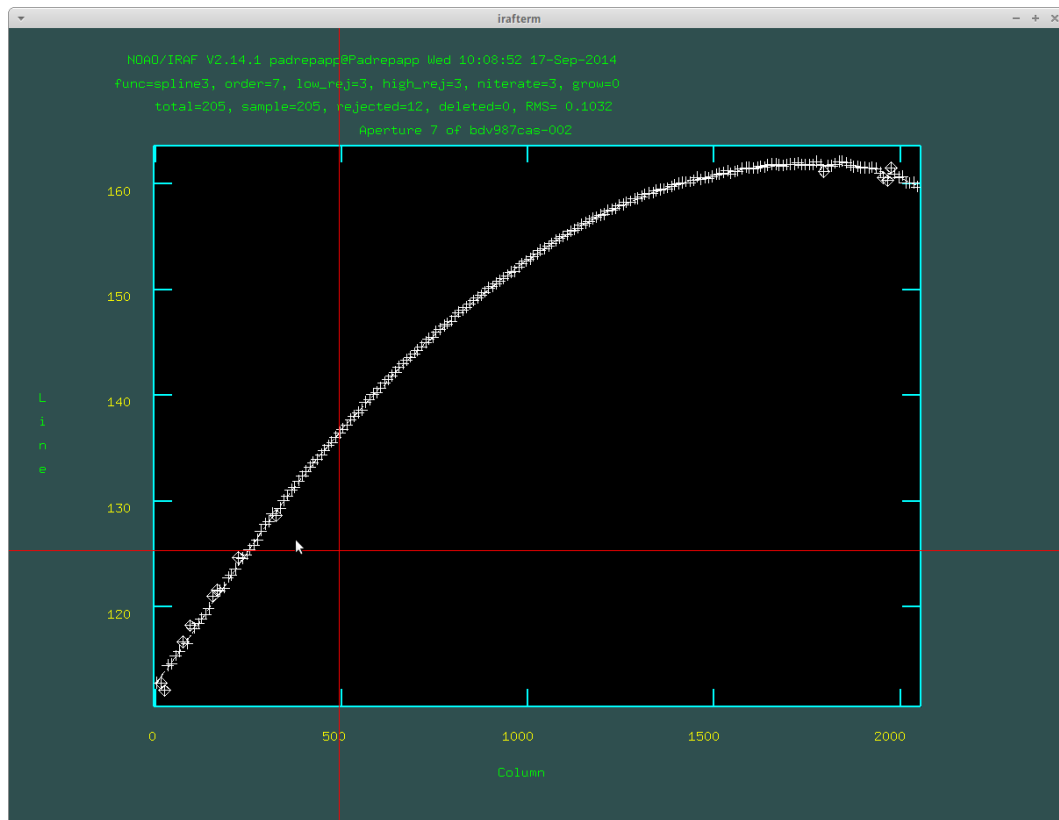
Ezután megtekinthetjük az apertúrákat. Ezek közül törölhetünk a *d* megnyomásával valamint újakat jelölhetünk ki az *m* megnyomásával. Valamelyik apertúra felett az *o* lenyomásával megadhatjuk annak sorszámát (nem tudom ez miért fontos, ha törlöm az 1. apertúrát, akkor általában újradefiniálom az 1-est, hogy onnan kezdje a sorszámozást).



2. ábra. A *doeclit* task futtatása után megjelenő ablak az apertúrákról

A *q* lenyomásával léphetünk tovább a task következő részeihez. Rákérdez, hogy interaktívan akarjuk-e illeszteni az apertúrákat. Én el szoktam fogadni a *yes*-t, majd

végignézem az apertúrákat ( $q$  és  $ENTER$  nyomogatása), ha van olyan pont ami nagyon kilóg az illesztésből azt a  $d$  lenyomásával törölhetjük.

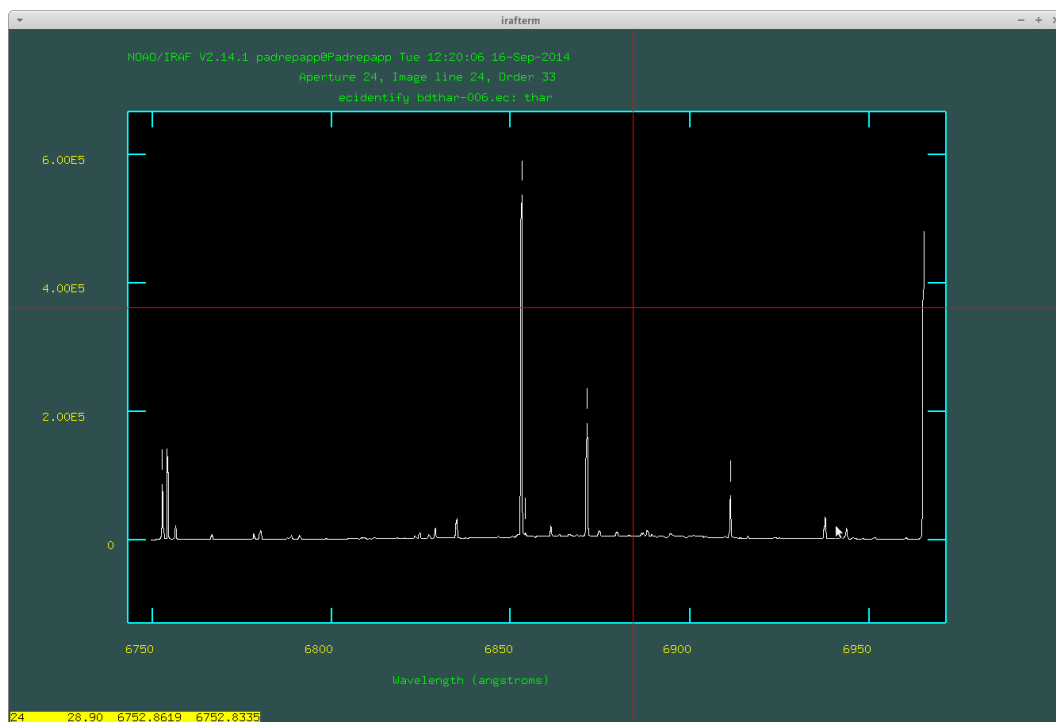


3. ábra. A *doeclit* task apertúra követése

Ha több objektum képünk is van és az illesztések elég jók, akkor a később feltett kérdésre, hogy interaktívan akarunk-e illeszteni válaszolhatunk *no*-val, és akkor nem kell minden egyes objektum kép összes apertúráját egyesével végignézni.

## 8.2. A hullámhossz kalibrálás

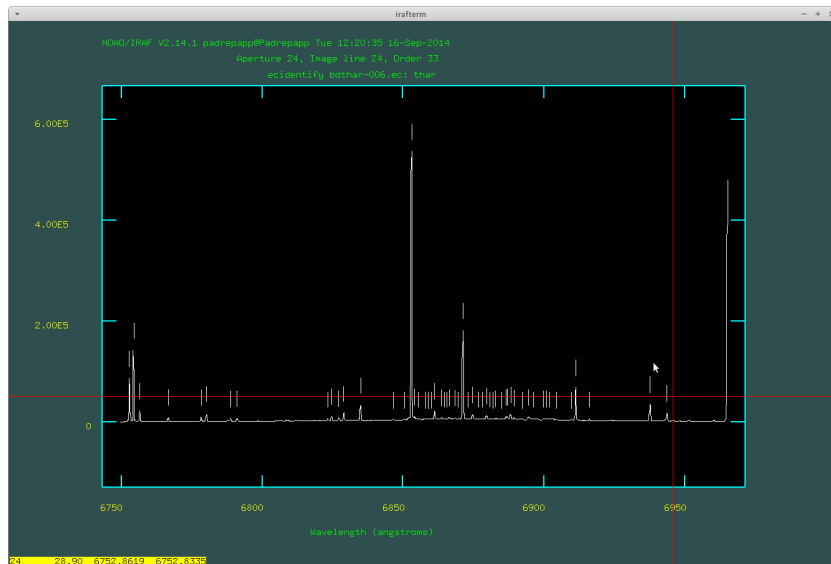
Miután az apertúrák követése elkészült, a *doecslit* task következő lépésében a spektrál-lámpa vonalait kell azonosítanunk. Ehhez használjuk a Csák Balázs által készített atlaszt, vagy a NOAO internetes ThAr atlaszát (a dokumentum írásakor az oldal nem működött).



4. ábra. A *doecslit* task-ban általunk bejelölt vonalak

A vonal felett lenyomva az *m* betűt beállíthatjuk annak hullámhosszát, *d* betűvel pedig törölhetünk ha elírtunk valamit. A + és - jelekkel (numpadnál) lépkedhetünk a bejelölt vonalak között. Ha kész vagyunk akkor a *k* lenyomásával a következő rendre ugorhatunk *j*-vel pedig az előzőre. Ha körbeértünk az *y* lenyomásával az IRAF automatikusan próbál vonalakat azonosítani, ezt is tegyük meg minden renden.

Ezután az *f* lenyomásával illeszthetjük a diszperziós függvényt, ahol a *d* lenyomásával törölhetjük azokat a pontokat amikre nem akarunk illeszteni.

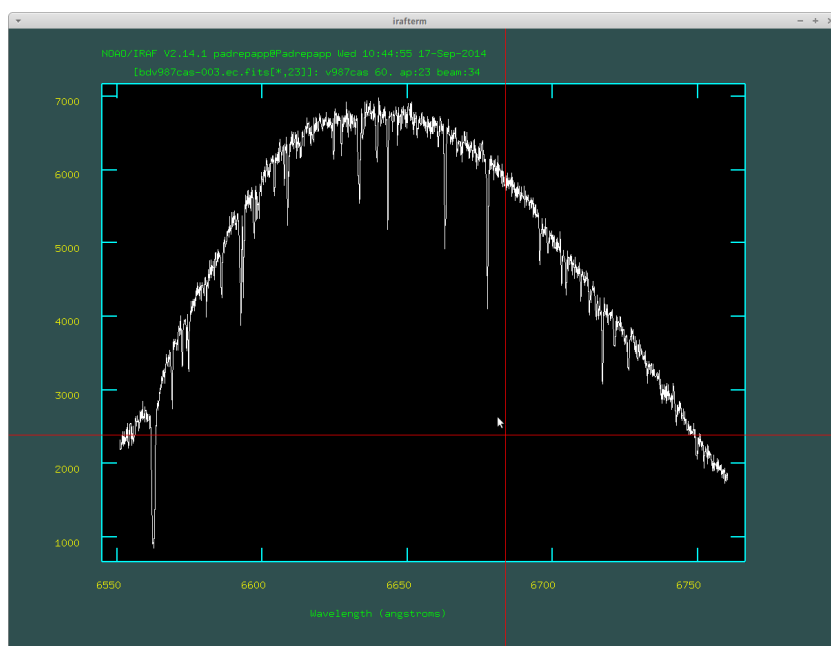


5. ábra. A *doeslit* task által azonosított vonalak

Ezzel is végezve elkészülnek a *.ec* fájlok. Ezeket megtekinthetjük a *splot* taskkal.

**splot bdv987cas-007.ec.fits**

A rendek között a *()* zárójelekkel lépkedhetünk, tartományt nagyíthatunk az *a* betű kétszeres lenyomásával a nagyítani kívánt tartomány két szélén, visszazoomolni a *w* és az *a* lenyomásával tudunk.



6. ábra. A *splot* task által megjelenített egyik rend, bal oldalán a  $H\alpha$  vonallal

## 9. A kontinuum normálás

További listafájlokat készítünk az elkészült hullámhossz kalibrált képekből.

```
ls *.ec.fits > ec.list
sed -e 's/\.ec\.\/\.cont\.\/g' ec.list > cont.list
```

Noao => imred => echelle => **epar continuum**

*input*: fájlnev vagy lista (@ec.list)

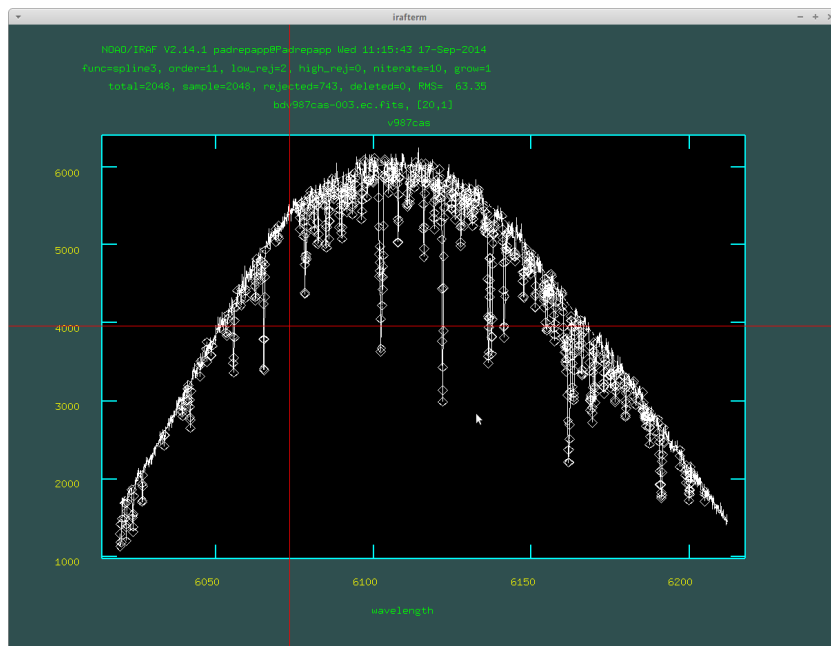
*output*: fájlnev vagy lista (@cont.list)

*lines*: \*

*interac*: yes (ha sok képünk van és jól működik no)

*low\_rej*: 2

*high\_rej*: 3

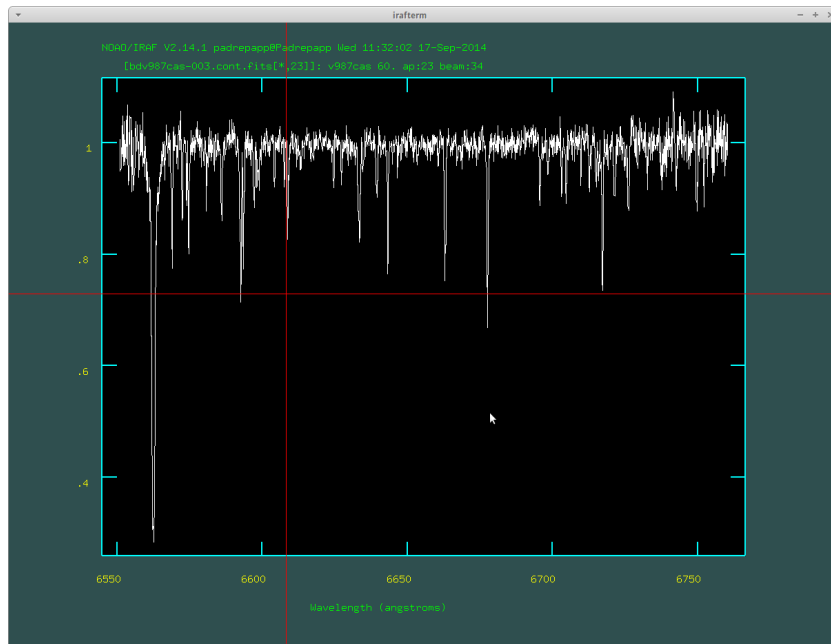


7. ábra. A *continuum* task által illesztett görbe

Ha az illesztésből ki szeretnénk hagyni egy nagyobb abszorpciós tartományt, akkor az *s* betű kétszeres lenyomásával kijelölhetjük az illesztendő intervallumokat, majd az *f* betű lenyomásával újrailleszt a task. Ekkor a következő rendre is érvényes lesz ez a kijelölés, ezért ott a *t* betűt majd az *f* betűt kell lenyomnunk.

Ezt elvégezve megkapjuk a kontinuum normált rendeket.

```
splot bdv987cas-007.cont.fits
```



8. ábra. A *splot* taskkal megjelenített kontinuum normált rend bal oldalán a  $H\alpha$  vonallal

## 10. Az 1 dimenziós spektrum készítése

Itt a Csák Balázstól kapott script részeit írom le.

Listafájlok elkészítése:

```
sed -e 's/\.ec\./.normf\./g' ec.list > normf.list
sed -e 's/\.ec\./.ec1d\./g' ec.list > ec1d.list
sed -e 's/\.ec\./.normf1d\./g' ec.list > normf1d.list
sed -e 's/\.ec\./.cont1d\./g' ec.list > cont1d.list
```

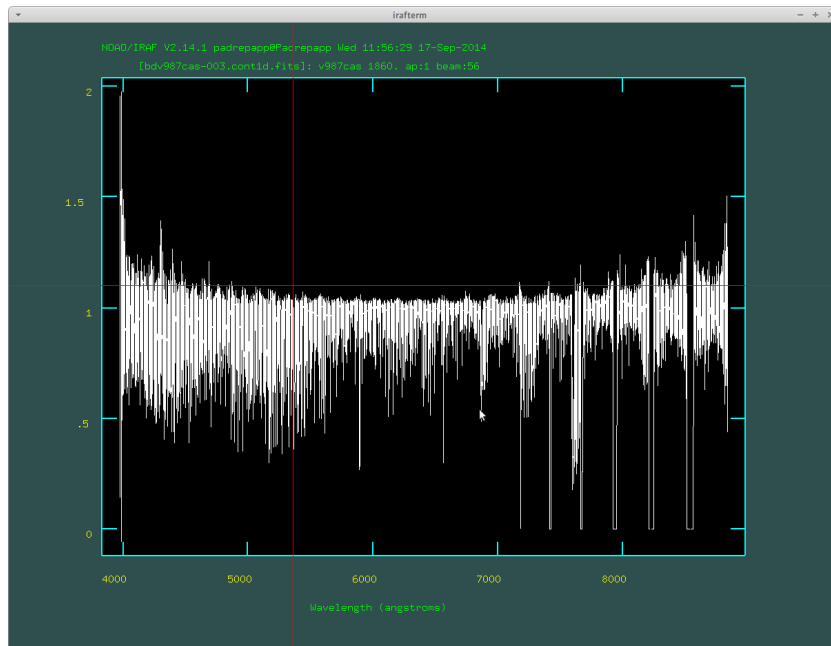
1 dimenziós spektrum elkészítése:

```
sarith @ec.list / @cont.list @normf.list
scombine @ec.list output=@ec1d.list group=images combine=sum
scombine @normf.list output=@normf1d.list group=images combine=sum
sarith @ec1d.list / @normf1d.list @cont1d.list
```

Az elkészült spektrumot megtekinthetjük a *splot* taskkal.

```
splot bdv987cas-003.cont1d.fits
```

Látszik hogy 7100 Å felett a rendek már nem fedik egymást, valamint hogy a rendek szélei miatt az 1 dimenziós spektrum nem tökéletes, ha gondoljuk levághatjuk a spektrum



9. ábra. A *splot* taskkal megjelenített 1 dimenziós spektrum

1 feletti részét az *imreplace* taskkal.

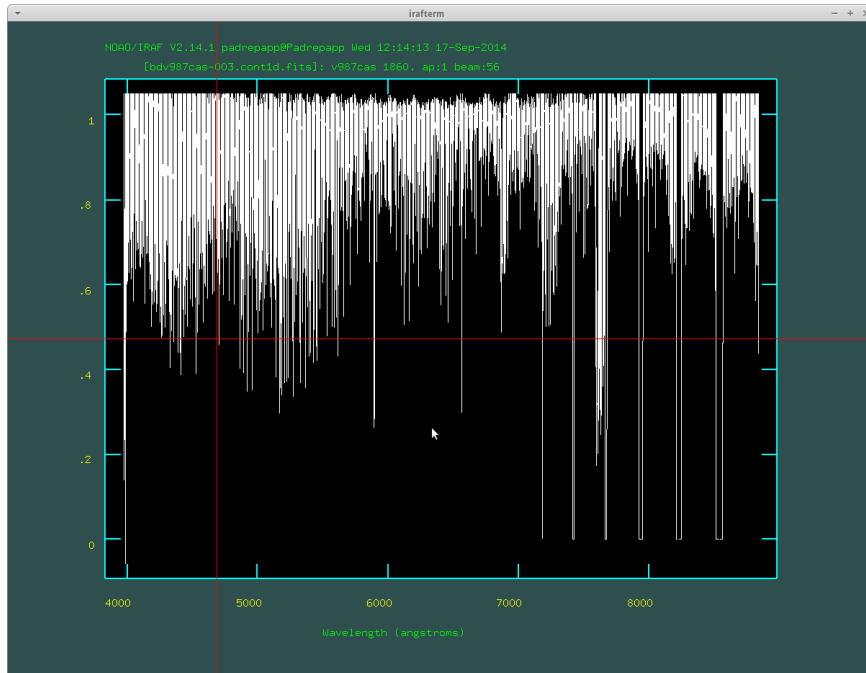
**epar imreplace**

*images:* bdv987cas-003.cont1d.fits

*value:* 1.05

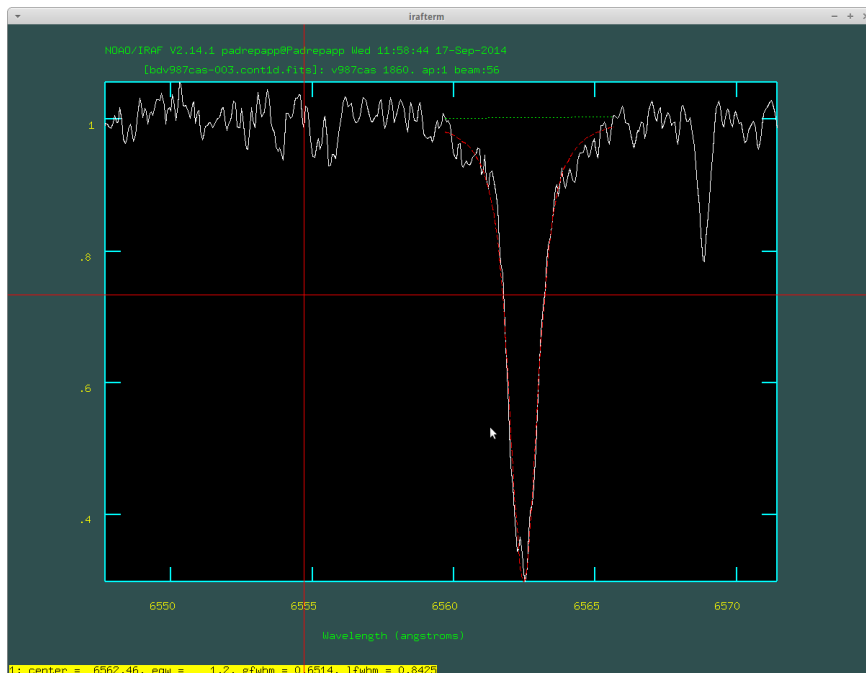
*lower:* 1.05

*upper:* INDEF



10. ábra. Az *imreplace* taskkal levágott 1 dimenziós spektrum

Ezután a *plot* taskkal megvizsgálhatjuk például a  $H\alpha$  vonal ekvivalens szélességét. Nagyítsunk rá a nagyítani kívánt abszorpciós vonalra az *a* betűvel és a két végén nyomjunk kétszer *k*-t Gauss-görbe, *k*-t és *v*-t Voigt-profil, *k*-t és *l*-t Lorentz-profil illesztéséhez, ekkor az ekvivalens szélességet leolvashatjuk az *irafterm* ablak bal alsó részén.



11. ábra. A *plot* taskkal a  $H\alpha$ -ra illesztett Voigt-profil