

PSF-FITTING CON DAOPHOT-IRAF (Stetson 1987, PASP, 99, 191)

Una volta entrati in IRAF (con xgterm) entrare nel pacchetto DAOPHOT dando i comandi

digiphot

daophot

Le differenti tasks presenti nel pacchetto daophot vengono elencate.

```
package, or 'logout' to get out of the CL. Type 'news' to find out
what is new in the version of the system you are using.

Visit http://iraf.net if you have questions or to report problems.

The following commands or packages are currently defined:

    dataio.  language.  noao.    rvsao.    system.
    dbms.    lists.    obsolete. softools. tables.
    fitsutil. mscred.  plot.    sptable.  utilities.
    images.  mtools.  proto.   stdas.   vo.

ec1> digi
      apphot. daophot. photcal. ptools.

digiphot> dao
addstar      daotest      nstar        pexamine      psf
allstar      datapars@    pcalc        pfmerge       psort
centerpars@  findpars@    pconcat      phot          pstselect
daoedit      fitskypars@  pconvert     photpars@    seepsf
daofind      group        pdump        prenumber     setimpars
daopars@     grpselect    peak         pselect       substar

daophot> []
```

Schermata di entrata del pacchetto daophot

Aprire con ds9 l'immagine da analizzare ed eventualmente riaggiustare la scala (ad esempio mettendo scale=zscale) e cambiare il contrasto nei colori (l'immagine con le stelle scure su fondo chiaro permette una migliore visibilita' delle sorgenti).

(1) Informazioni di base (FWHM, sigma-sky)

daoedit (immagine)

Il cursore grafico sul display ds9 viene abilitato e viene posizionato su alcune stelle che siano non sature, brillanti, isolate. I comandi da dre sul display ds9 sono

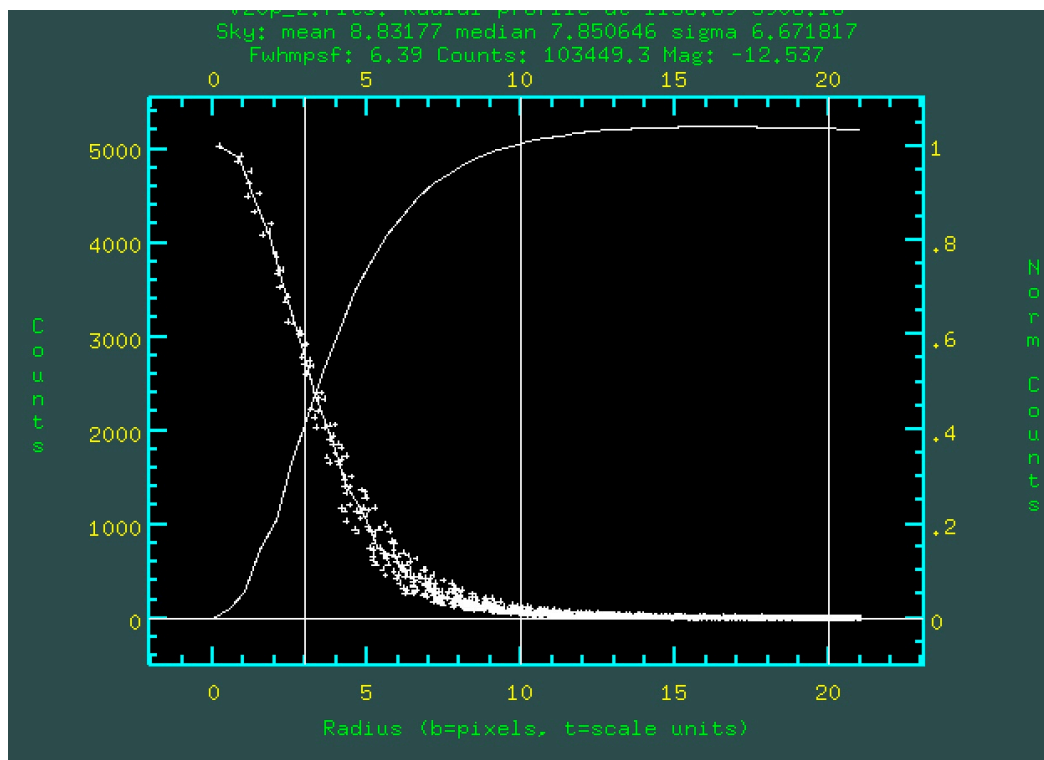
r – mostra il profilo radiale della stella (conteggi in funzione della distanza in pixels)

a – scrive sul terminale xgterm i parametri principali della stella in questione

XCENTER YCENTER SKY SKYSIGMA FWHM COUNTS MAG

q - uscire da daoedit

Si calcola SKYSIGMA e FWHM dalla media di almeno 10 stelle. Questi valori cambieranno per ogni immagine da analizzare, quindi la procedura di misura va ripetuta per ogni filtro.



Esempio di profilo radiale di una stella fornito da DAOEDIT

(2) Setting dei parametri

I parametri utilizzati da DAOPHOT sono raggruppati in 6 set.

Ogni set di parametri viene letto col comando *lpar* (*nome della task*) e modificato con il comando *epar* (*nome della task*).

DATAPARS (informazioni generali)

Fwhmpsf: valore della FWHM ottenuto con DAOEDIT (pixels)

Sigma: valore dello SKYSIGMA ottenuto con DAOEDIT (conteggi)

Datamax: Massimo valore di conteggi per pixel (indica la saturazione del pixel)

Readout: Readout noise in elettroni. Esso rappresenta il rumore di lettura introdotto dal CCD, in pratica il rumore dovuto al numero di elettroni per pixel che vengono introdotti (aggiunti) dopo la lettura del CCD.

Epadu: gain in elettroni per conteggi. Il gain e' il fattore di conversione tra elettroni e conteggi o ADU (analogic-digital unit). Esso quindi rappresenta il numero di elettroni che vengono convertiti in un numero digitale (conteggio). Conteggi, numeri digitali, ADU sono quindi sinonimi.

Sigma del cielo in conteggi : SKYSIGMA

Sigma del cielo in elettroni : SKYSIGMA * GAIN

Read-out noise in conteggi : RON / GAIN

Read-out noise in elettroni : RON

Il random error (quindi l'incertezza) associato ad un pixel (e poi utilizzato nella ricerca delle componenti) e' la somma quadratica della varianza del cielo e del read-out noise. Si puo' quindi esprimere sia in conteggi che in elettroni (o fotoni).

Random error di 1 pixel in conteggi : $\sqrt{((\text{SKYSIGMA}/\text{GAIN}) + (\text{RON}/\text{GAIN})^2)}$

Random error di 1 pixel in elettroni : $\sqrt{((\text{SKYSIGMA} * \text{GAIN}) + (\text{RON})^2)}$

WFI

Saturazione: 100,000 conteggi

Readout: 4.5 elettroni

Gain: 2.0 elettroni per conteggi

SOFI

Saturazione: 10,000 conteggi

Readout: 11.34 elettroni

Gain: 5.4 elettroni per conteggi

FINDPARS (ricerca delle sorgenti)

Threshold: Definisce la soglia in unita' di sigma del fondo cielo per l'identificazione delle componenti.
Valori tra 3 e 5 (il default e' 4).

CENTERPARS (parametri per il centraggio delle sorgenti)

Cbox: 2*FWHM (se 2*FWHM<5 usare 5)

Calgorithm : none

FITSKYPARS (parametri per il fit del cielo)

Annulus: 4*FWHM (se 4*FWHM<10 usare 10)

Dannulus: 4*FWHM (se 4*FWHM<10 usare 10)

PHOTPARS (parametri per la fotometria d'apertura)

Aperture: raggio in pixels entro cui viene calcolata la magnitudine di apertura. Si pone uguale a FWHM
Zmag: 25 (costante additiva per le magnitudini strumentali)

DAOPARS (parametri per il PSF fitting)

Funcio: definisce la funzione da adottare per il modello di PSF. Opzioni consentite:

Gauss: funzione Gaussiana ellittica allineata lungo gli assi x e y dell'immagine.

Moffat15: funzione Moffattiana ellittica con parametro beta = 1.5

Moffat25: funzione Moffattiana ellittica con parametro beta = 2.5

Lorentz: funzione Lorentziana

Penny1: core Gaussiano con ali Lorentziane (beta=1.0) allineate agli assi x e y dell'immagine

Penny2: core Gaussiano con ali Lorentziane (beta=1.0) non allineate agli assi dell'immagine

In aggiunta e' possibile l'opzione "*auto*" (tutte e sei le funzioni vengono usate e poi viene scelta quella che minimizza i residui del fit). Questa opzione va usata con cautela poiche' ognuna delle funzioni ha un numero diverso di parametri liberi (2 per la gaussiana, 3 per le moffattiane e la lorentziana, 4 per la Penny1 e 5 per la Penny2), quindi la degenerazione tra i parametri puo' anche fornire un fit con uno scatter minore senza necessariamente migliorare la qualita' fotometrica.

Varorder: indica la variabilita' del modello di PSF. DAOPHOT calcola il modello di PSF come somma di due componenti, una funzione analitica e una componente empirica o numerica (che viene scritta nelle cosiddette *look-up tables*) che include le correzioni da apportare alla PSF in base ai residui del fit della funzione analitica. Questo tipo di approccio permette di ottenere un modello di PSF piu' adeguato alle PSF reali ottenute sia con telescopi ground-based che dallo spazio (quindi tenendo in considerazione anche variabilita' spaziali della PSF lungo l'immagine o sotto-campionamento della FWHM).

- 1 : Si utilizza un modello di PSF puramente analitico. Tale modello e' costante, quindi ha la stessa forma in qualunque parte dell'immagine. Non ha quindi associata nessuna componente numerica
- 0 : Il modello di PSF e' costante lungo l'immagine come nel caso precedente ma alla funzione analitica viene aggiunta una componente numerica non variabile (1 look-up table)
- 1 : Il modello di PSF e' variabile linearmente con la posizione lungo l'immagine (3 look-up tables)
- 2 : Il modello di PSF e' variabile quadraticamente con la posizione lungo l'immagine (6 look-up tables)

psfrad : e' il raggio in pixels entro cui viene definita la PSF, dovrebbe essere 1-2 pixels piu' grande rispetto al raggio dove l'intensita' della sorgente si confonde con il background.

Un valore accettabile e' $4*FWHM+1$

fitrad : e' il raggio in pixels in cui viene calcolata la componente analitica della PSF. Un valore accettabile e' il valore della FWHM (comunque deve essere almeno 3 pixels)

sannulus : raggio interno in pixels dell'anello utilizzato per calcolare il cielo. Valore consigliato: $4*FWHM$

wannulus : spessore in pixels dell'anello utilizzato per calcolare il cielo. Valore consigliato: $4*FWHM+1$

(3) DAOFIND: ricerca delle componenti

daofind (immagine)

accettare (dopo aver controllato) i valori che vengono scritti sul terminale. Conviene fornire il nome dell'immagine senza estensione .fits altrimenti tale estensione rimarra' anche nel nome di output.

Output: DAOFIND produce come output il file immagine.coo.X (con X=1,2,3...progressivo) che contiene per ogni stella identificata:

Posizione del centro (XCENTER e YCENTER)

Magnitude calcolata utilizzando i conteggi del picco della sorgente (le magnitudini sono negative, poiche' non e' stata aggiunta alcuna costante additiva)

Sharpness : e' una stima (almeno al prim'ordine) di quanto una sorgente si distanzia dal modello di PSF. La sharpness e' calcolata come differenza quadratica tra la sigma osservata e la sigma del modello di PSF (o in questo caso la FWHM di input).

Per una stella isolata il valore della sharpness e' vicino a zero.

Per una galassia o un blending tra due stelle e' significativamente maggiore di zero.

Per raggi cosmici e difetti delle immagini e' significativamente minore di zero.

Tale parametro e' utile per eliminare dal catalogo componenti non stellari, quali galassie, pixels caldi, raggi cosmici o identificare blending non risolti.

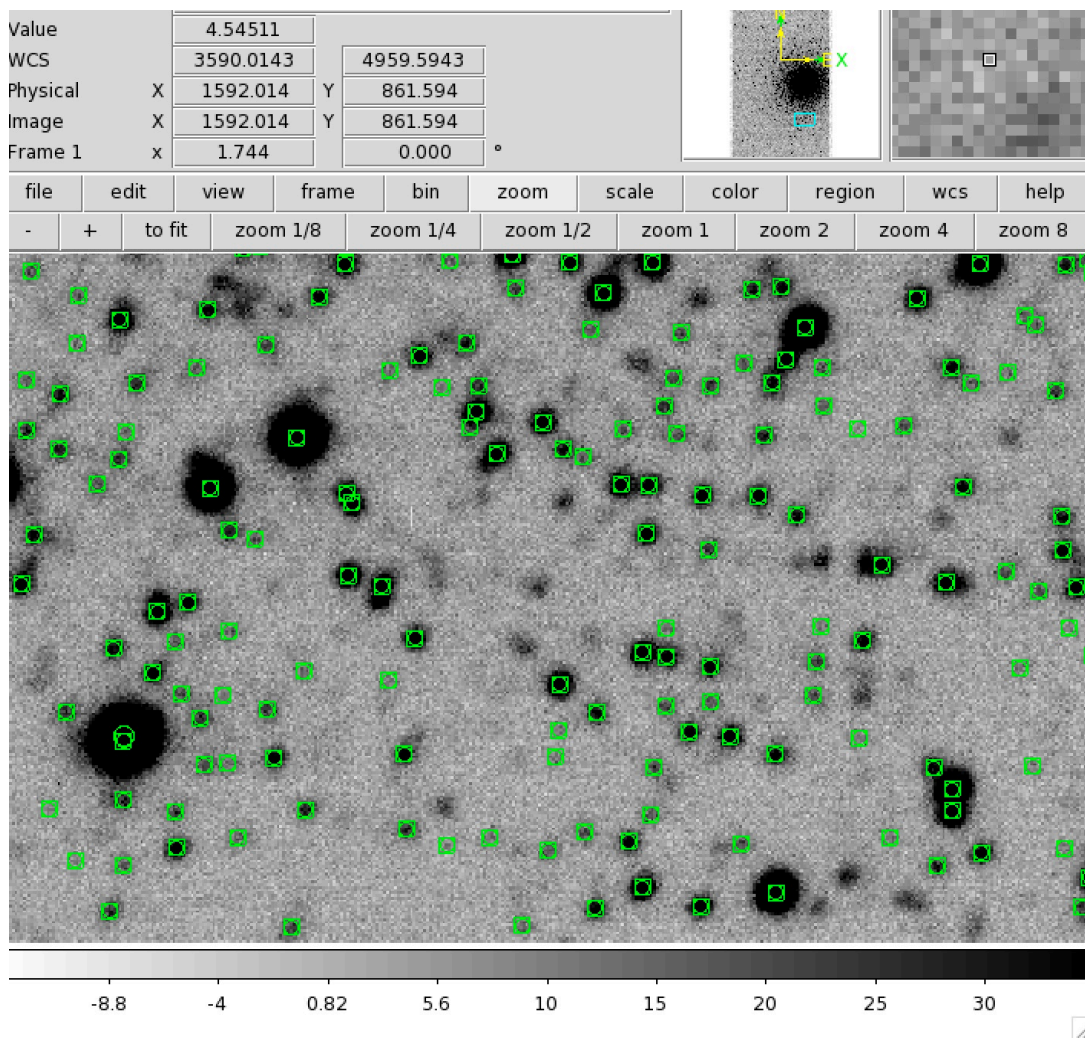
Sround : e' un parametro che stima la forma (rotondita' o eventuale elongazione) delle sorgenti. Una sorgente perfettamente rotonda ha sround = 0.0

Ground : valore del background

Identificativo progressivo (ID)

Per controllare le stelle identificate da DAOFIND, selezionare in ds9 REGION > LOAD REGIONS, dare il nome del file immagine.coo.X e specificare Format: xy, Coordinate System: Image.

Se DAOFIND ha perso sistematicamente stelle deboli conviene abbassare il valore di threshold in FINDPARS. Se ha incluso come stelle fluttuazioni del fondo, alzare la threshold. Se ha perso solo alcune stelle, magari brillanti, si possono aggiungere a mano direttamente nel file immagine.coo.X, in modo che le task successive includano anche queste sorgenti nell'analisi.



Regione di un'immagine FITS con sovrapposte (quadrati verdi) le posizioni delle sorgenti identificate da DAOFIND

(4) PHOT: fotometria di apertura

epar phot

Parametri da settare:

image: nome dell'immagine

coords: e' il file di input con le coordinate delle sorgenti. Nel caso sia "default" verra' utilizzato l'ultimo file immagine.coo.X presente nella directory.

:go

output: il file di output sara' chiamato immagine.mag.X (con X=1,2,3...progressivo) e conterra' per ogni sorgente presente nel file di coordinate (immagine.coo.X):

Coordinate (sono le stesse del file di input poiche' in CENTERPARS calgorithm = none, quindi non viene applicato nessun algoritmo di centraggio per migliorare le posizioni)

MSKY : conteggi del cielo per unita' di area

SUM : conteggi della sorgente nel raggio di apertura

AREA : area in pixels

MAG : magnitudine di apertura a cui e' stata aggiunta una costante (*zmag*) per renderla positiva. Tale magnitudine viene calcolata come

$$\text{MAG} = \text{ZMAG} - 2.5 * \log_{10}(\text{SUM} - \text{AREA} * \text{MSKY})$$

La magnitudine e' quindi calcolata considerando i conteggi entro il raggio di apertura a cui vengono sottratti quelli del cielo (moltiplicati per l'area dell'apertura, in modo da riscalarne correttamente i conteggi del cielo, forniti per pixel, a quelli dell'area della sorgente).

MERR : errore sulla magnitudine

(5) PSF: modello di Point Spread Function

epar psf

Parametri da settare:

image: nome dell'immagine

photfile: e' il file che contiene le coordinate e le magnitudini di apertura delle sorgenti. Nel caso sia "default" verra' utilizzato l'ultimo file immagine.mag.X presente nella directory.

:go

Output: la task crea tre files di output chiamati immagine.psf.X.fits (modello di PSF), immagine.pst.X (lista delle stelle selezionate), immagine.psg.X (lista delle stelle selezionate e delle stelle piu' brillanti vicine).

La task funziona in maniera interattiva, quindi viene abilitato un cursore grafico sul display (simile a quello di DAOEDIT) che permette di selezionare determinate sorgenti (purché siano presenti nel file di magnitudini specificato dalla keyword *photfile*) e visualizzarne il profilo.

Se si seleziona una PSF non variabile (varorder=-1 o 0 in DAOPARS) bastano 10-20 stelle ben distribuite su tutta l'immagine. Nel caso di una PSF variabile (varorder=1 o 2 in DAOPARS) serve un numero più elevato di sorgenti (30-50) ben distribuite su tutta l'immagine.

Opzioni grafiche di PSF

a – mostra il profilo di brillantezza in tre dimensioni della sorgente. Ripetuto accetta e registra questa sorgente nella lista di stelle usate per calcolare il modello.

w,e,s,n – cambio l'angolo di visualizzazione del profilo

r – mostra il profilo radiale della sorgente

m – torna al profilo di brillantezza

d – cancella dalla lista la sorgente

l – mostra l'intera lista di sorgenti sul terminale

Quando la selezione è conclusa, dare sul display

f – calcola il modello di PSF

w – scrive il modello di PSF nei files di output (dare W dopo F)

q - esci dalla task

Per visualizzare il modello di PSF

see immagine.psf.1 outfile

surface outfile (cambiare gli angoli di inclinazione angv=XXX e angh=XXX)

Per visualizzare i residui

Surface immagine.psf.X

È possibile utilizzare una lista precedente di stelle di PSF, dando in *pstfile* il nome di un file *immagine.pst.X*. In questo caso verranno mostrate le stelle di PSF della lista, che potranno essere accettate (A) o scartate (D) e poi sarà di nuovo possibile col cursore grafico selezionarne di nuove.

(6) ALLSTAR: PSF-fitting su tutte le sorgenti dell'immagine

epar allstar

image – nome dell'immagine

photfile – lista delle sorgenti (il default utilizza l'ultimo file immagine.mag.X presente nella directory)

psfimage – modello di PSF (il default utilizza l'ultimo file immagine.psf.X presente nella directory)

:go

Output: La task crea tre files di output. Immagine.sub.X.fits : è l'immagine sottratta, ovvero il residuo dopo che la procedura di PSF-fitting è stata applicata a tutte le sorgenti presenti.

Immagine.als.X è la lista delle sorgenti presenti nella lista di input (immagine.mag.X ad esempio) e per cui il PSF-fitting ha fornito un risultato accettabile. Immagine.arj.X lista delle sorgenti presenti nella lista di input (immagine.mag.X) che sono state rigettate dal PSF-fitting. Questi ultimi due files hanno lo stesso formato e contengono:

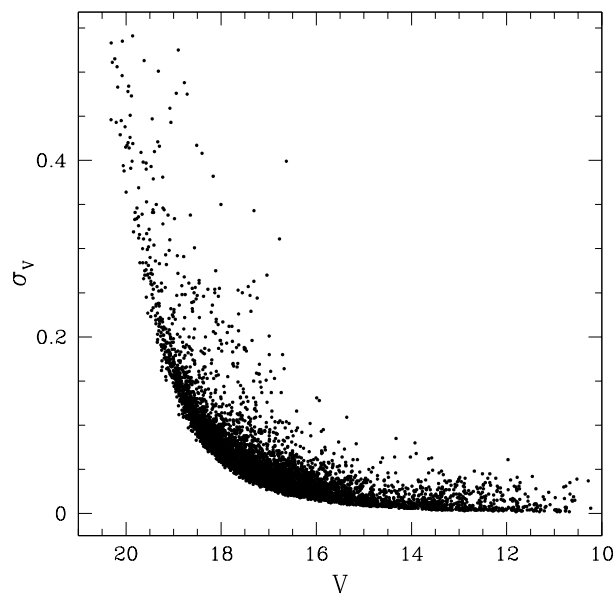
ID identificativo

XCENTER YCENTER coordinate del centro del fit fatto col modello di PSF

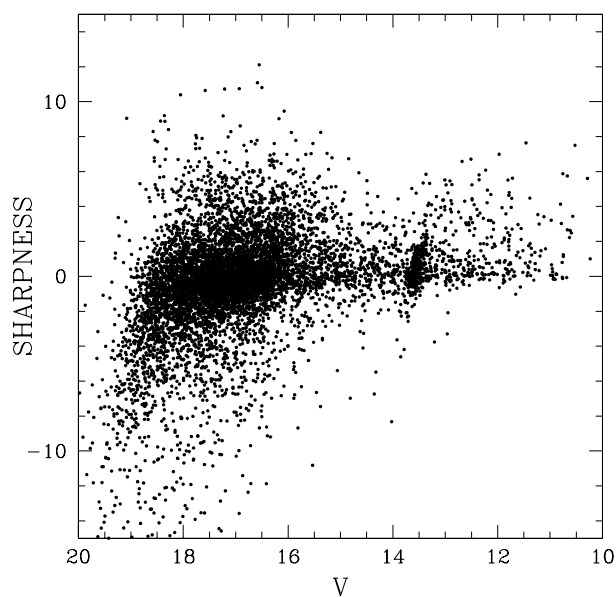
MAG magnitudine strumentale (positive perché gli viene aggiunta la costante *zmag*)

MERR errore sulla magnitudine
MSKY conteggi del cielo locale
NITER numero di iterazioni utilizzate per convergere
SHARPNESS
CHI

Per ottenere la fotometria del secondo filtro si esegue un'analisi non indipendente ma guidata dal primo filtro. In pratica, si ripetono gli stessi passaggi descritti sopra ma si salta il DAOFIND. Al momento di usare la task PHOT, si fornisce come file di input la lista delle coordinate delle sorgenti ottenute da DAOFIND con la prima immagine (immagine.coo.X). In questa maniera la fotometria di apertura sulla seconda immagine verrà eseguita esattamente sulle stesse sorgenti identificate nella prima immagine. I passaggi successivi (PSF e ALLSTAR) rimangono gli stessi.



Andamento dell'errore sulla magnitudine in funzione della magnitudine



Andamento della sharpness in funzione della magnitudine

Per combinare insieme i due cataloghi (****.als.X) in un solo catalogo si puo' usare ad esempio supermongo. Di seguito e' riportata una semplice macro che permette di combinare i due cataloghi in un output (chiamato catalogo.comb) che contiene l'ID, la posizione X, Y, le magnitudini insieme ai loro errori, al valore della sharpness e del chi.

```
als  define print_noheader 1
    !rm catalogo.comb

# nome del primo catalogo als
data V20p_2.als.1
    read {id 1 x 2 y 3 mag 4 mer 5 shrp 8 chi 9}

# nome del secondo catalogo als
data B20p_2alig.als.1
    read {id2 1 x2 2 y2 3 mag2 4 mer2 5 shrp2 8 chi2 9}

echo $(dimen(id)) $(dimen(id2))

do i=0,$(dimen(id)-1){
    do j=0,$(dimen(id2)-1){
        if(id[$i]==id2[$j]){
            set id_=id[$i]
            set x_=x[$i]
            set y_=y[$i]
            set mag1_=mag[$i]
            set mer1_=mer[$i]
            set sharp1_=shrp[$i]
            set chi1_=chi[$i]

            set mag2_=mag2[$j]
            set mer2_=mer2[$j]
            set sharp2_=shrp2[$j]
            set chi2_=chi2[$j]
            print+ catalogo.comb \
            '%10g  %10.3f  %10.3f  %7.3f  %7.3f  %7.3f  \
            %7.3f  %7.3f  %7.3f  %7.3f  %7.3f\n\'
            {id_ x_ y_ mag1_ mer1_ sharp1_ chi1_ mag2_ mer2_ sharp2_ chi2_}
        }
    }
}
```