

CLEAN SIMULTANEO su più registrazioni
ottenute con il radiotelescopio
Croce del Nord.

M.Nanni

LRA 41/80

$$\gamma = 66^{\circ} 34' 58''$$

I) INTRODUZIONE

Uno dei maggiori problemi nella riduzione dei dati ottenuti con la Croce del Nord di Medicina deriva dai lobi secondari in Nord Sud dovuti a sorgenti fuori dal campo osservato dallo strumento. Le tecniche di Clean and Restore utilizzate fino ad oggi, essendo applicabili ad una unica osservazione, non sono in grado di eliminare i lobi di gratings, anzi, questi vengono considerati a tutti gli effetti come sorgenti positive o negative che vengono ripulite e restaurate.

E' evidente come questo fatto comporti notevoli problemi nello studio di zone particolarmente ricche di radiosorgenti come possono essere i cluster o le regioni del piano galattico, in quanto sorgenti discretamente forti possono generare lobi apprezzabili fino a circa 2 gradi di distanza.

In particolare possiamo dire che tutte le sorgenti superiori ai 250 mJy. danno luogo a lobi secondari superiori al noise dello strumento quando si trovano a circa 20' dal puntamento.

Il programma CLEA SIM, illustrato nel presente rapporto interno, è una estensione dei programmi di Clean and Restore già ampiamente usati presso il Laboratorio di Radioastronomia di Bologna, in particolare è un Clean che lavora simultaneamente su osservazioni realizzate con le stesse coordinate di R.A. e con puntamenti in delta distanziati di 30 primi.

Il programma opera con un massimo di 5 osservazioni lunghe fino a 20 minuti in R.A. coprendo quindi una regione di cielo di circa 2° 30' in delta per 20 minuti in RA.

Nella esposizione del seguente rapporto interno si presuppone la conoscenza del rapporto: "Fanti et all. La Tecnica del CLEAN and RESTORE applicata alle osservazioni del radiotelescopio croce del nord." in quanto, sia la teoria del Clean applicato ai dati di Medicina, sia l'organizzazione dei dati di input, output è rimasta sostanzialmente la stessa.

Il programma utilizza in input sintesi a 16 fasci (anche a 18 fasci se si opera solo con 2 osservazioni) e l'output è costituito da data set indipendenti uguali a quelli ottenuti con i normali programmi di Clean.

Si è voluto mantenere questa indipendenza dei dati di output per potervi applicare senza alcuna modifica i programmi già esistenti (Ficarra et all.: Determinazione dei parametri radiastronomici dall'easme delle mappe della Croce del Nord elaborate con la tecnica del Clean; Nanni: Istruzioni per l'uso del programma di isofote applicato alle registrazioni ottenute con la Croce del Nord.).

II) IL CLEAN SIMULTANEO

Il programma ricerca il valore massimo assoluto sulle osservazioni che ha a disposizione, e quindi sottrae un Beam centrato in quel massimo, procedendo in tal modo fino alla completa ripulitura delle sorgenti.

Una volta trovato il punto che ha il valore assoluto più alto del campo il programma calcola la distanza tra quel punto ed il massimo ottenuto con una interpolazione parabolica.

a) Il Beam Sottratto

Il Beam sottratto sulla sorgente è in R.A. il beam sperimentale ottenuto da più osservazioni della 3C123.

Data l'impossibilità di ottenere il beam sperimentale in Nord-Sud che dipende da troppe variabili, si è fatto uso del beam teorico.

Per ragioni di semplicità abbiamo considerato il beam in Nord Sud come composto da:

$$B_{NS}(\delta) = B_p(\delta) \times B_{IN}(\delta)$$

dove:

$B_p(\delta)$ è il Beam Primario dovuto al singolo canale di 8 antenne, moltiplicato per il beam del ramo Est-Ovest in Nord-Sud.

Beam che viene meccanicamente puntato verso le zone di cielo da osservare.

$B_{IN}(\delta)$ è il Beam Interferometrico che deriva dalla relazione tra gli 8 canali in Nord-Sud di cui è costituita la Croce.

Abbiamo Rispettivamente:

$$B_p(\delta) = e^{-\left(\frac{\delta_n - \delta_s}{K}\right)^2} \frac{\sin(8\pi d_\lambda [\cos(\delta_n - \gamma)](\delta_s - \delta_n))}{8 \sin(\pi d_\lambda [\cos(\delta_n - \gamma)](\delta_s - \delta_n))}$$

dove:

δ_s = declinazione della sorgente

δ_n = declinazione puntamento beam primario

γ = declinazione dello zenith

K = fattore (sperimentale) vale 94 se espresso in primi

d_λ = distanza tra le antenne del canale = 13.61

Il Beam Primario è rappresentato in figura N°1.

Il Beam Interferometrico è

$$B_{IN}(\delta) = \frac{\sin(8\pi D_\lambda [\cos(\delta_n - \gamma)](\delta_s - \delta_x))}{8 \sin(\pi D_\lambda [\cos(\delta_n - \gamma)](\delta_s - \delta_x))}$$

dove:

δ_x = declinazione del puntamento di ciascun fascio sintetizzato

D_λ = Distanza tra i canali = 108.86

Il Beam Interferometrico è rappresentato in figura n° 2.

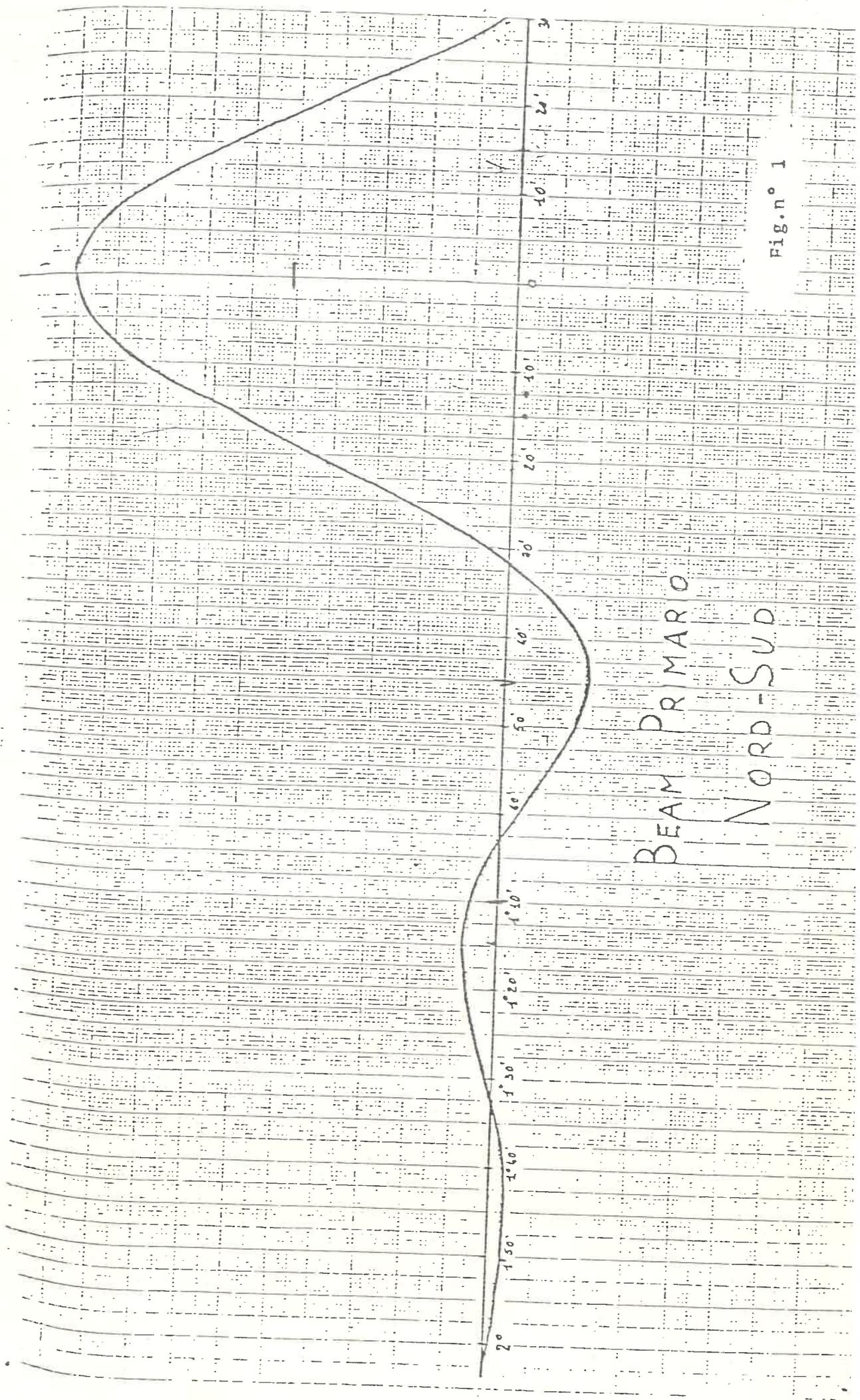


Fig.n° 1

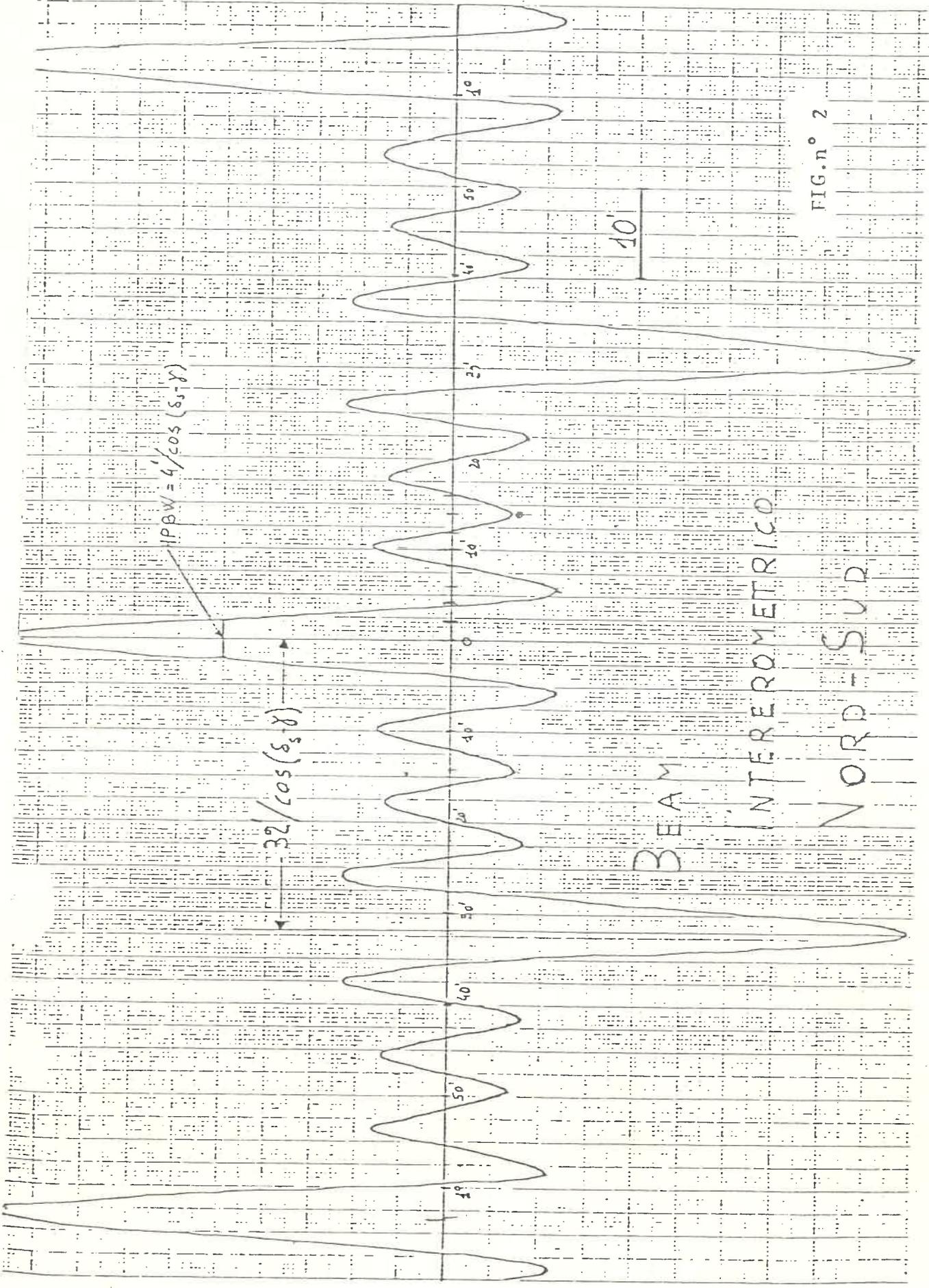


FIG.n° 2

Nel precedente programma di Clean originariamente non si teneva conto della attenuazione dovuta al beam primario per le sorgenti fuori puntamento; questo portava ad una sottostima del flusso che diventava particolarmente grave per sorgenti estese lontane dal puntamento.

Conoscere l'andamento del beam primario è essenziale in questo programma che lavora su sorgenti molto lontane dal puntamento delle singole registrazioni.

Una volta trovata la sorgente come massimo del campo e calcolato per interpolazione parabolica la posizione, viene effettuato il restauro per il beam primario. A questo punto vengono trascritti nel data set di output i dati relativi alla posizione ed al flusso restaurato.

Come si nota dalla fig. N°2 i lobi di grating di segno opposto distano tra loro di $32' / \cos(\xi_s - \gamma)$ e la funzione descritta è periodica, di segno alterno, con questo periodo; d'altra parte le registrazioni hanno larghezza in delta sempre minore o eguale a questo valore di periodicità. Quindi in ogni registrazione compare al più un lobo di grating.

Il programma calcola poi, per le singole registrazioni, il numero dei periodi della funzione di grating che separa la sorgente da un suo lobo sulla striscia presa in esame, e quindi calcola, in unità di fasci relativi a quella osservazione, la posizione del grating.

Dalla distanza tra la sorgente trovata ed il puntamento della registrazione in esame si ottiene (con il beam primario) la attenuazione ed il segno del grating che cade in quella registrazione.

Data la periodicità del Beam interferometrico è quindi possibile sottrarre sulla registrazione in esame una sorgente centrata nel punto del lobo di grating con flusso dato dalla sorgente effettivamente trovato moltiplicato per l'attenuazione del beam primario.

In questo modo viene sottratta la sorgente dalla striscia in cui essa si trova e tutti i lobi positivi e negativi che vengono a cadere sulle strisce adiacenti, evitando che lobi di grating vengano scambiati per sorgenti.

b) Zone di sovrapposizione e sorgenti fuori campo

Disponendo di osservazioni distanti 30' avviene che gli ultimi fasci di una registrazione ed i primi della successiva descrivano una stessa zona di cielo.

Nel caso vi sia in questa regione una sorgente ciò non comporta problemi in quanto il programma riconosce questi casi e sottrae su ambedue le registrazioni la sorgente trovata.

Inoltre all'atto del restauro viene posta la sorgente su ambedue le registrazioni; la sovrapposizione non è considerata solo nel punto dove la sorgente ha il massimo, ma viene considerata una sorgente con larghezza eguale al HPBW dello strumento, viene quindi restaurata su una registrazione anche solo una parte della sorgente.

Problemi molto seri nascono invece dalla presenza, in zone di sovrapposizione di lobi di sorgenti che sono al di fuori della area di cielo osservata.

Se andiamo a calcolare i grating lasciati da una sorgente fuori campo che cadono in una zona di sovrapposizione di due registrazioni distanti (come puntamento) 30' in delta otteniamo la situazione mostrata in fig n°3

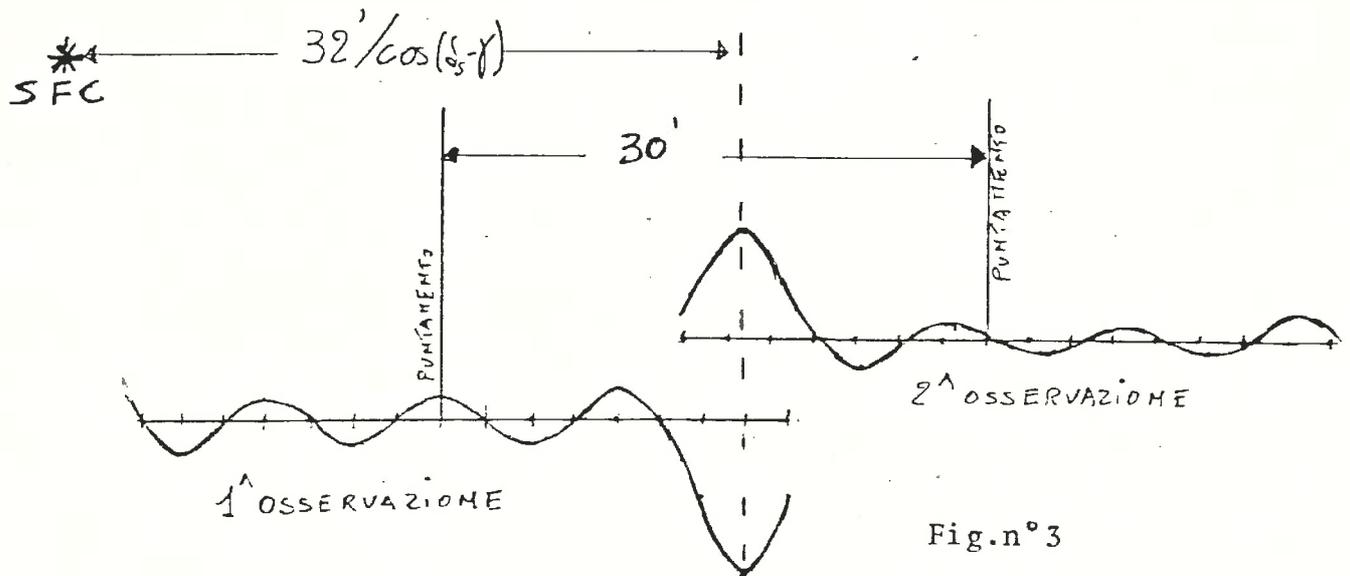


Fig.n°3

In questo caso non solo la tecnica del Clean considera il grating come una sorgente, ma si trova nell'impossibilità di procedere.

Infatti, ammettendo che il lobo a maggior valore assoluto sia il negativo, il Clean andrebbe a sottrarre una sorgente negativa su questo, ma così facendo aumenterebbe il valore del lobo positivo sull'altra registrazione.

Alla successiva iterazione si troverebbe a lavorare sul lobo positivo, sottraendo una sorgente positiva e quindi aumentando il valore assoluto del lobo negativo..... e così all'infinito.

Questi casi vengono risolti postulando l'esistenza di una sorgente fuori dal campo osservato che può dare luogo ad una siffatta situazione.

La disposizione del lobo negativo e del positivo ci danno informazioni circa la posizione che può avere la sorgente che li ha generati, che sarà a n volte la distanza determinata dalla funzione di grating dai lobi osservati.

Il programma calcola quindi la posizione dei grating a partire dalla posizione del lobo individuato sulla mappa.

Se il primo grating si trova ad una declinazione esterna a quelle coperte dalle mappe il programma considera in questo punto una sorgente fuori campo, ne calcola il possibile valore partendo dal

valore dei lobi osservati, e ripulisce, partendo da questa possibile sorgente, con una normale operazione di Clean .

In questo caso nel listato delle componenti del clean compaiono le scritte: " LOBO NON SOTTRATTO" a fianco della componente individuata come lobo (e quindi non usata nella iterazione) e: " SORGENTE FUORI CAMPO " di cui vengono date le coordinate ed il flusso.

Nel caso che il primo grating venga a cadere sulle registrazioni il programma cercherà in quel punto la sorgente; analizzerà i dati presenti sulla mappa e considererà sorgente un valore positivo maggiore al 60% del valore del lobo trovato.

Se siffatto valore sarà trovato il clean procederà nella sottrazione lavorando su quest'ultimo punto e con il flusso letto.

Nel listato delle componenti comparirà la scritta: " LOBO NON SOTTRATTO "a fianco della componente non usata. La componente immediatamente successiva sarà quella su cui il Clean è stato forzato a lavorare.

Questi casi in cui vengono trovati lobi maggiori della sorgente che li ha generati possono derivare solo da situazioni di estrema confusione o dalle difficoltà del Clean stesso di ripulire correttamente le sorgenti; causa quindi la minore fiducia con cui possiamo considerare queste sorgenti, all'atto del clean il valore di flusso trovato è stato moltiplicato per 0.6 per tenere conto della minore veridicità della sorgente.

Quando il valore trovato alla distanza di un grating risulta negativo, o comunque minore del 60% del lobo da cui si è partiti, il programma calcola il primo grating fuori dalle registrazioni e qui vi pone una sorgente, calcolandone in base ai lobi osservati , il possibile flusso.

In questo caso però la fiducia che possiamo dare a questa sorgente è molto bassa in quanto è molto improbabile che il lobo di valore assoluto più alto non sia il più vicino alla sorgente.

Nel listato delle componenti comparirà la scritta: " SORGENTE POCO PROBABILE " e all'atto del Clean il valore della sorgente da sottrarre sarà moltiplicato per 0.05.

Questa operazione è da considerarsi, a tutti gli effetti, un espediente per fare uscire il Clean da una situazione in cui il programma rischia di bloccarsi non disponendo di una soluzione teoricamente accettabile.

Si è anche pensato, in alternativa, di sottrarre al valore trovato come massimo del campo una sua frazione; questo per permettere al programma di andare a lavorare in un'altra zona della mappa, si è preferita questa soluzione per coerenza con la teoria del Clean. Il numero delle sorgenti fuori campo poco probabili che compare nel listato delle componenti è anche un indice per valutare la bontà del lavoro eseguito.

III) RESTORE

La ricostruzione dell'informazione è ottenuta sommando alle mappe dei residui tante gaussiane quante sono le componenti trovate. Ogni gaussiana viene centrata nel punto in cui è stata sottratta la componente e ne ha la stessa ampiezza.

Nelle zone di sovrapposizione delle striscie vengono restaurate due componenti uguali su ambedue le osservazioni .

Le componenti sono restaurate per il Beam primario, è quindi necessario fare attenzione a come vengono usati i programmi "area" (Vedi rapporto interno:LR 33/79 Ficarra et all. : " Determinazione dei parametri radioastronomici dall'esame delle mappe della

Croce del Nord elaborate con la tecnica Clean -- Modifiche ").
Volendo restaurare anche i residui come da: rapporto interno LR27/78
Fanti et all. : " La tecnica del Clean and Restore applicata
alle osservazioni del radiotelescopio Croce del Nord -- Modifiche "
va posto CLEAN=5,6,7,8 anziché CLEAN=1,2,3,4 .

IV) LIMITI DEL PROGRAMMA

Limitazioni all'uso dei programmi di Clean simultaneo derivano sostanzialmente dalla non esatta conoscenza del Beam Reale in Nord-Sud e dalla difficoltà di determinare la fase delle singole registrazioni.

La combinazione di questi limiti e delle approssimazioni proprie della teoria del Clean and Restore fa sì che si considerino accettabili residui del 5% del valore della sorgente massima in esame. Prove effettuate con il programma CLEA SIM su sorgenti estese e su campi densamente popolati hanno dato risultati accettabili (entro i margini prima enunciati) per quello che riguarda i lobi negativi. In particolare i lobi di grating sono stati ridotti a un 2-4 % del valore di picco della sorgente.

A fianco dei lobi a nord rimangono però delle regioni positive dell'ordine del 10%, e su questa situazione di asimmetria del beam reale in Nord-Sud della croce si sta tuttora lavorando.

Si è dimostrata fondamentale la conoscenza della fase per ognuna delle registrazioni su cui si è voluto applicare il Clean simultaneo.

Si sono dimostrate altresì situazioni di difficile soluzione quelle in cui si hanno sorgenti forti in regioni di sovrapposizioni di due registrazioni.

Questo si spiega abbastanza facilmente considerando che i residui dei lobi in Est-Ovest di detta sorgente, che possono valere fino al 5% del picco, sono considerate in particolari condizioni (un residuo positivo ed uno negativo nello stesso punto) come lobi in Nord-Sud di sorgenti fuori campo.

Questo problema ha sconsigliato una estensione dell'applicabilità del programma anche al caso di registrazioni con puntamento distante 15 primi. Infatti il vantaggio ottenuto dalla doppia osservazione di tutto il campo, che significa ,per tutte le sorgenti, poter controllare se sono sorgenti reali o lobi di sorgenti fuori campo, viene annullato dalla errata interpretazione dei residui lasciati dalle sorgenti forti in Est-Ovest.

Inoltre questi residui, se derivano da sorgenti vicine al puntamento , sono considerati lobi fortemente attenuati, quindi le sorgenti fuori campo poste dal programma sono oggetti a volte maggiori di 100 volte dei lobi trovati causa un residuo eccessivo.

Il programma può funzionare anche con registrazioni distanti 15 primi, tenendo conto dei problemi ora accennati, in questo caso si consiglia di utilizzare la subroutine TSOV, attivata dal dato input ifsop ≠ 0 . Questa subroutine evita eccessivi fattori di restauro dei lobi trovati al puntamento, ricalcolando detto fattore sui lobi apparsi su altre striscie (quindi ai bordi), ma apporta l'inconveniente opposto di porre sorgenti fuori campo talmente deboli da non riuscire ad abbassare sufficientemente i lobi; fare il clean simultaneo su registrazioni distanti 15 primi può essere utile quindi solo su campi con sorgenti molto estese o dove non vi siano sorgenti puntiformi forti.

Dalle prove fatte è risultato altresì utile sottrarre lentamente le componenti trovate, questo per dare modo al Clean di tornare con più iterazioni sulla stessa sorgente e ricorreggersi in

tal modo. Buoni risultati hanno dato coefficienti di sottrazione intorno a 0.4 per le sorgenti puntiformi e 0.25 per le sorgenti estese.

Inoltre, sempre per le sorgenti fuori campo, è stato posto un ulteriore dato di input, che è un ulteriore coefficiente di sottrazione che va ad aggiungersi al precedente e permette all'utente di assegnare un proprio "valore di fiducia" alle sorgenti fuori campo, valutando caso per caso.

Vogliamo ricordare che molte delle sorgenti fuori campo poste dal programma sono state effettivamente riscontrate sui cataloghi del B2.

Si consiglia inoltre di fare arrestare il Clean a valori superiori al noise proprio della Croce, in quanto l'andamento casuale del noise costringe il programma a lavorare su sorgenti fuori campo fittizie.

V) USO DEI PROGRAMMI DI CLEAN SIMULTANEO

Il programma di Clean simultaneo è disponibile in due versioni:
il CLEA SIM che può operare con un massimo di 5 registrazioni ed
il DOPPIO CLEAN che opera solo con due registrazioni. I due programmi sono sostanzialmente identici tranne per quello che riguarda la region occupata; la versione a solo due registrazioni è utile al fine di risparmiare risorse di calcolo.

Le registrazioni possono essere lunghe fino a 20 minuti di R.A. e nel caso siano in numero maggiore di due devono essere sintetizzate a 16 fasci.

Le registrazioni devono essere fornite come data set su nastro (disco) partendo dalla registrazione a Nord e procedendo verso Sud.

I dati input relativi alla lettura ed alla zona da ripulire sono eguali per tutte le registrazioni qualora si avessero delle zone di cielo indicate in alfa con ore maggiori di 24 è necessario specificare nella scheda dati relativa alla subroutine LEGGE quali registrazione adottano questa convenzione.

I dati sottoposti al Clean simultaneo possono aver già subito precedenti operazioni di clean ;questo non comporta problemi,ma non possono essere restaurate in questa fase le componenti sottratte precedentemente.

Il vettore "LR" non viene modificato tranne che nel valore LR(11) che diventa negativo (minuti iniziali solari).

Le componenti sottratte dal Clean, che possono essere circa 2000, non vengono riscritte sul data set di output per non modificarne il formato. Questo comporta che non è possibile ricostruire l'informazione ad una successiva iterazione.

Per il modo con cui vengono utilizzati i dati letti, e per le difficoltà derivate dal fatto che i records di 4 minuti non cominciano necessariamente tutti alla stessa alfa, il clean lavora solo nella zona richiesta dall'utente, lasciando completamente inalterati i dati, pure letti, che si trovano all'esterno di questa zona. Ciò impedisce l'uso del programma per ripulire parti del campo.

Come nel programma di Clean and Restore è possibile coinvolgere le registrazioni con una gaussiana secondo le modalità già note. Infine vorremmo ricordare che il Clean è provvisto di un'uscita quando il n° delle sorgenti fuori campo trovate dal programma sommate al numero delle componenti supera del 20% le iterazioni richieste.

VI) L'INPUT

L'input è costituito da:

- 1) Data set contenenti i risultati delle sintesi relative alle singole registrazioni (FT09)
- 2) Data set contenente i dati relativi al Beam Sperimentale in Est-Ovest della Croce (FT37)
- 3) Deck si schede:

SCHEDA 1

Formato(6X,I1,8X,I1,7X,I1,8X,I1)

è la scheda:

LEGGE= RIFASA= CONV= CLEAN= RESTOR=

che controlla l'esecuzione delle varie subroutine del programma attraverso i parametri 1,2,3,4

Rispettivamente:

0= La subroutine non viene eseguita

1= La subroutine è eseguita ma i dati non vengono ne stampati
ne scritti su disco

- 2= La subroutine viene eseguita ed i dati sono scritti su disco o nastro ma non stampati
- 3= La subroutine viene eseguita ed i dati sono stampati, ma non scritti su disco o nastro
- 4= La subroutine è eseguita ed i dati sono sia stampati che scritti su disco o nastro

Se si vuole ottenere il restauro dei residui per il beam primario al pisto di 1,2,3,4 si deve rispondere a CLEAN= con 5,6,7,8.

SCHEDA 2

Formato(6I3,I4,F6.1,5I1)

IORI ,MINI ,ISECI	alfa primo punto letto
IORF ,MINF ,ISECF	alfa ultimo punto letto
NSTR	n° registrazioni fornite al programma
ISC	fattore di scala default=1
IORT(I)	alfa della registrazione maggiore di 24 ore.
	=0 SI
	≠0 NO

SCHEDA 3

Formato(5f5.1)

FI(I)	Fase delle registrazioni
-------	--------------------------

SCHEDA 4

Formato (F5.1)

TAPER	parametro relativo alla covoluzione
-------	-------------------------------------

Se si pone CONV=0 la presente scheda non verrà messa

SCHEDA 5

Formato(6I3,I4,I3,3F5.2,I2)

IOR1,MIN1,ISEC1	alfa primo punto da cleanare
IOR2,MIN2,ISEC2	alfa ultimo punto da cleanare
NF1	primo fascio da cleanare :n° relativo alla striscia a nord
NF2	ultimo fascio da cleanare: n° relativo alla striscia a sud (Max 16)
NIT	numero massimo di componenti (max. 2000)
ITPOS	numero delle componenti positive che si vuole siano trovate per prime. ITPOS=0 vengono trovate indifferentemente componenti positive e negative.
ALEV	Livello minimo in Jy delle componenti cercate.
COEF	percentuale del flusso delle componenti trovate che si vuole sottrarre
SSFC	percentuale del flusso delle sorgenti fuori campo che si vuole sottrarre (oltre COEF)
IFSOP	si vuole usare la subroutine TSOV (nel caso di osservazioni distanti 15' =0 NO ≠0 SI

SCHEDA 6

Formato (I1,19I4)

IF2

=0 usa tutte le componenti nel
restauro

≠0 usa tutte le componenti positive
più le componenti negative con
numero d'ordine icomp

ICOMP

numero d'ordine delle componenti
negative che si vogliono usare
l'ultima componente deve essere

un numero maggiore di NIT

Dopo il deck di schede devono essere forniti al programma i nomi dei membri del data set in cui si vuole scrivere l'output del programma. Potrà essere scritto direttamente il primo membro dell'output (FT51). Data l'impossibilità di scrivere con un solo step più membri su uno stesso data set i successivi step del programma provvederanno a creare membri su data set provvisori e quindi a copiarli sul data set di output (SYSUT2).

VII) L'OUTPUT

L'output è costituito da data set su disco (nastro) e da uno stampato.

Sulla stampa abbiamo le mappe numeriche dai dati letti, rifasati, dei residui e dei dati restaurati a seconda delle scelte fatte nella prima scheda in input; abbiamo inoltre la lista delle componenti.

In questa lista sono indicate:

- a) n° delle iterazioni
- b) flusso sottratto
- c) registrazione su cui è stata sottratta la sorgente
- d) posizione in alfa espressa in punti
- e) posizione in delta espressa in fasci relativi alla registrazione
- f) coordinate in alfa
- g) coordinate in delta

Mentre normalmente il flusso scritto è il flusso che è stato sottratto, per le sorgenti dichiarate fuori campo il flusso scritto è il flusso totale che la sorgente dovrebbe avere; di questo solo una parte sarà sottratto al campo in esame. Si ricorda inoltre che, cambiando opportunamente le schede controllo, è possibile scrivere membri di data set diversi.