

Rapporti tecnici INGV

**Un algoritmo neurale ricorsivo
nell'implementazione di un sensore
solare a tutto cielo**

175



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

UN ALGORITMO NEURALE RICORSIVO NELL'IMPLEMENTAZIONE DI UN SENSORE SOLARE A TUTTO CIELO

Giovanni Romeo

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Sismologia e Tettonofisica)

175

Indice

	Introduzione	5
1	Principio di funzionamento	5
2	Programma dimostrativo	8
	Bibliografia	10

Introduzione

I sensori solari sono ampiamente utilizzati per l'orientamento di *payload* stratosferici, soprattutto in voli polari diurni [Romeo et al., 2002].

Il sensore al quale si fa riferimento è in grado di indicare l'azimut del sole sull'angolo giro, con una precisione inferiore al grado, e nasce per il controllo d'assetto. Misure più precise (di circa 1000 volte, per la raccolta dei dati scientifici) sono fatte con differenti sensori che offrono elevate prestazioni in precisione a scapito dell'intervallo di misura.

Il sensore a tutto cielo dell'INGV si basa su una corona di *cosine detector*: ogni sensore fornisce un segnale di uscita proporzionale al coseno dell'angolo tra il proprio asse e la direzione della sorgente della radiazione.

La figura 1 rappresenta lo schema di un singolo sensore.

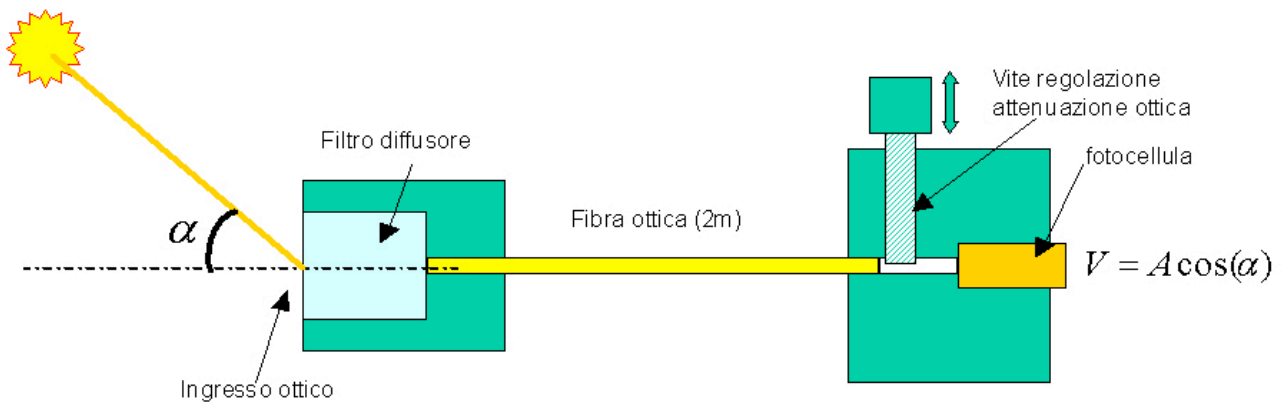


Figura 1. Schema di principio di un *cosines detector*. La radiazione incide sul filtro diffusore dell'ingresso ottico, percorre un tratto di fibra, passa attraverso un diaframma costituito da una vite di regolazione e raggiunge una fotocellula. Il segnale prodotto, V , è proporzionale al coseno dell'angolo di incidenza, $V = A \cos(\alpha)$, dove A viene reso uguale per tutti i sensori agendo sulla vite di regolazione.

La corona di sensori è formata da 16 elementi. Il sistema è in grado di funzionare con 4 sensori (purché equamente distribuiti sull'angolo giro). La ridondanza dei sensori aumenta affidabilità e precisione. Naturalmente è necessario che il sistema individui i sensori fuori uso e proceda alla loro rimozione dalle procedure di calcolo. Questa nota mostra un algoritmo, basato su una rete neurale autoassociativa, per l'individuazione dei sensori difettosi nella corona.

1. Principio di funzionamento

Una corona circolare di 16 sensori, disposta orizzontalmente, offre in uscita un vettore con i valori (normalizzati ad 1):

$$V(\alpha, p) = \cos\left(\alpha - \frac{p}{n} 2\pi\right) \cdot \Phi\left(\cos\left(\alpha - \frac{p}{n} 2\pi\right)\right) \quad (1)$$

Dove $p = 0..15$ rappresenta il numero progressivo del sensore e $0 < \alpha \leq 2\pi$ rappresenta l'angolo della sorgente luminosa (azimut della posizione solare: il sistema rileva soltanto questo angolo). La funzione gradino $\Phi(x)$ ($\Phi(x) = 1$ per $x > 0$, $\Phi(x) = 0$ altrove) esprime l'assenza di segnale sui sensori non illuminati.

I valori dei segnali sui sensori assumono la forma delle figg. 2 e 3.

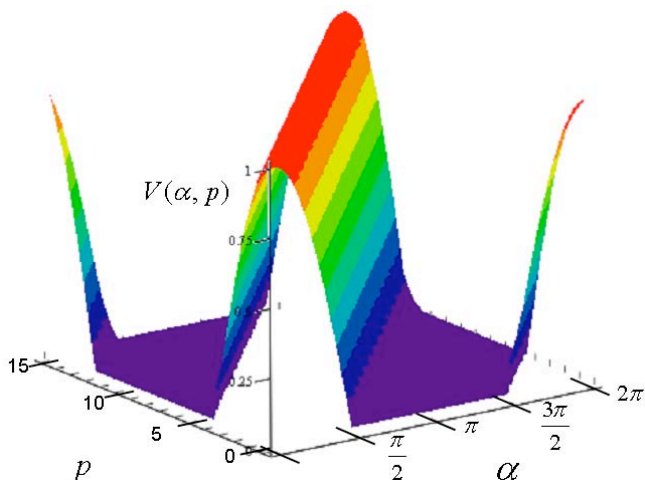


Figura 2. La rappresentazione della funzione $V(\alpha, p)$ nella sua intera esistenza.

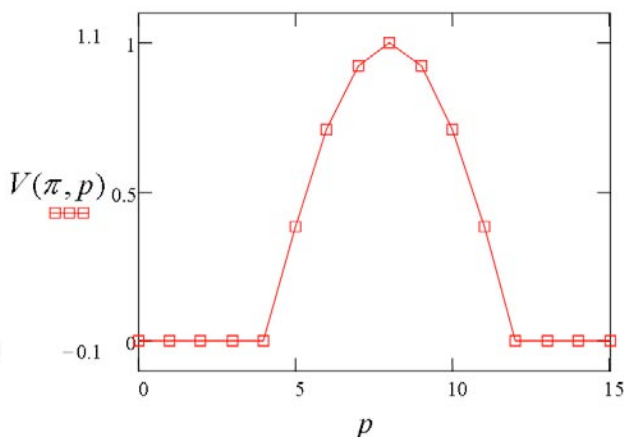


Figura 3. La disposizione dei valori di uscita dei sensori per un arbitrario valore dell'angolo di incidenza della radiazione $\alpha = \pi$.

L'algoritmo che governa il sensore solare deve essere in grado di determinare l'angolo α dai valori misurati della funzione $V(\alpha, p)$. Indipendentemente dall'algoritmo usato è bene che i dati vengano verificati per eventuali errori prima dell'elaborazione. Il sistema è sovradeterminato (4 sensori perfetti potrebbero fare tutto il lavoro), e la rimozione di ingressi sicuramente errati non può che giovare all'algoritmo di calcolo. Il lavoro di identificazione degli ingressi erronei è stato effettuato con l'uso di una rete neurale simulata [Lippman,1987; Romeo, 1994].

La rete scelta per il lavoro di identificazione è una rete autoassociativa [Kreamer, 1992]. La rete autoassociativa (figura 4) è caratterizzata dallo stesso numero di ingressi ed uscite m , e dalla presenza di uno strato nascosto con un numero di neuroni inferiore al numero degli ingressi (uscite), n .

La rete viene istruita per riprodurre all'uscita lo stesso vettore presentato in ingresso. Se lo strato di neuroni nascosti della rete fosse almeno pari ad m il compito sarebbe banale: la rete troverebbe un percorso per un collegamento diretto tra gli elementi dei vettori di ingresso e di uscita, e questo la metterebbe in grado di trasferire tutti i vettori possibili. Siccome $m > n$ non è possibile trovare un collegamento diretto, e la rete riuscirà a trasferire solo il tipo di vettore per il quale è stata istruita e, nel caso di un vettore con piccole differenze rispetto al vettore noto, trasferirà all'uscita un vettore modificato per correggere la differenza (figura 5).

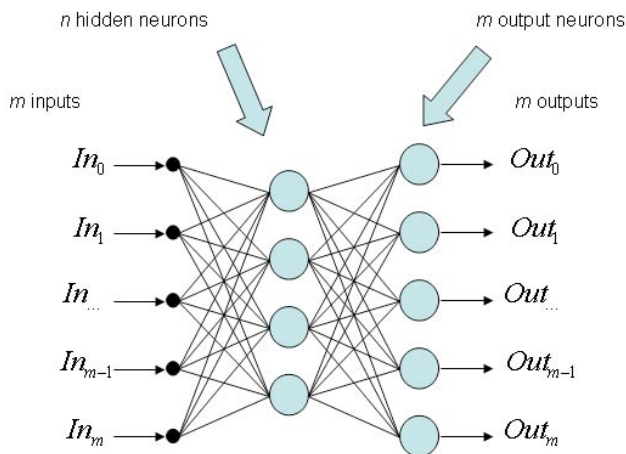


Figura 4. Una rete neurale autoassociativa è rappresentata a sinistra. Ha la caratteristica di avere tanti ingressi quante uscite (m), ed uno strato interno di neuroni di numero inferiore (n , $n < m$). Viene istruita con i vettori di interesse in modo che le uscite riproducano l'ingresso, ed ha la caratteristica, nel caso i valori di ingresso non rispettino il modello, di fornire in uscita il segnale corretto.

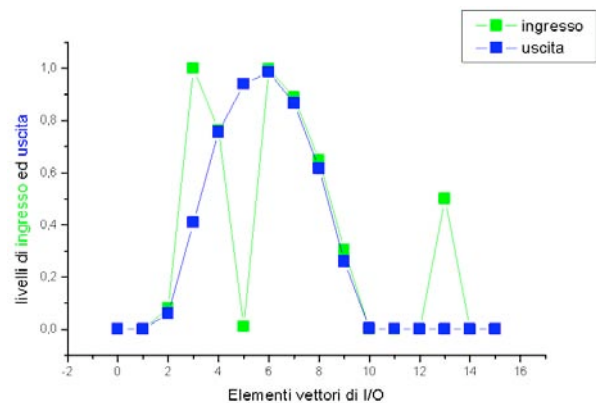


Figura 5. La rete implementata per il sistema di individuazione degli errori corregge un vettore palesemente errato (in verde, elementi 3, 5, 13) riproducendo un segnale che assomiglia alla forma con la quale è stato istruito ($V(\alpha, p)$).

La rete autoassociativa utilizzata prevede 16 ingressi (uscite) ed 11 neuroni nascosti con funzione di attivazione sigmoideale. È stata istruita (*back-propagation*) utilizzando la (1) calcolata per 360 valori di α (uno per ogni grado nell'intervallo $0..2\pi$). L'errore quadratico raggiunto nell'istruzione è stato inferiore a 0.06.

L'algoritmo, rappresentato in figura 6, è il seguente: il vettore di valori provenienti dalle fotocellule viene presentato all'ingresso della rete e la sua bontà viene stimata calcolando l'errore quadratico del vettore di ingresso rispetto al vettore di uscita. Si considera sbagliato un vettore di ingresso (questa scelta è arbitraria) che induce nella rete un errore ingresso-uscita 3 volte superiore a quello ottenuto in fase di istruzione ($0.06 \cdot 3$).

In questo caso si individua l'elemento di ingresso con il massimo errore rispetto all'uscita, e si sostituisce all'ingresso l'uscita della rete per quell'elemento; quindi si itera ancora, riproponendo alla rete il pattern corretto, fino al raggiungimento della soglia sull'errore.

Tutti i valori per cui la rete si è trovata ad operare una sostituzione sono da considerarsi errati e non verranno proposti all'algoritmo per il calcolo della posizione del sole.

L'uso della rete è stato limitato all'individuazione degli errori all'ingresso, evitando la tentazione di utilizzare i dati filtrati dalla rete nell'algoritmo di calcolo, a causa dell'imprevedibilità dell'errore commesso dalla rete. L'uscita della rete può comunque essere usata con successo per individuare i parametri di partenza dell'algoritmo regressivo che calcolerà la posizione del sole.

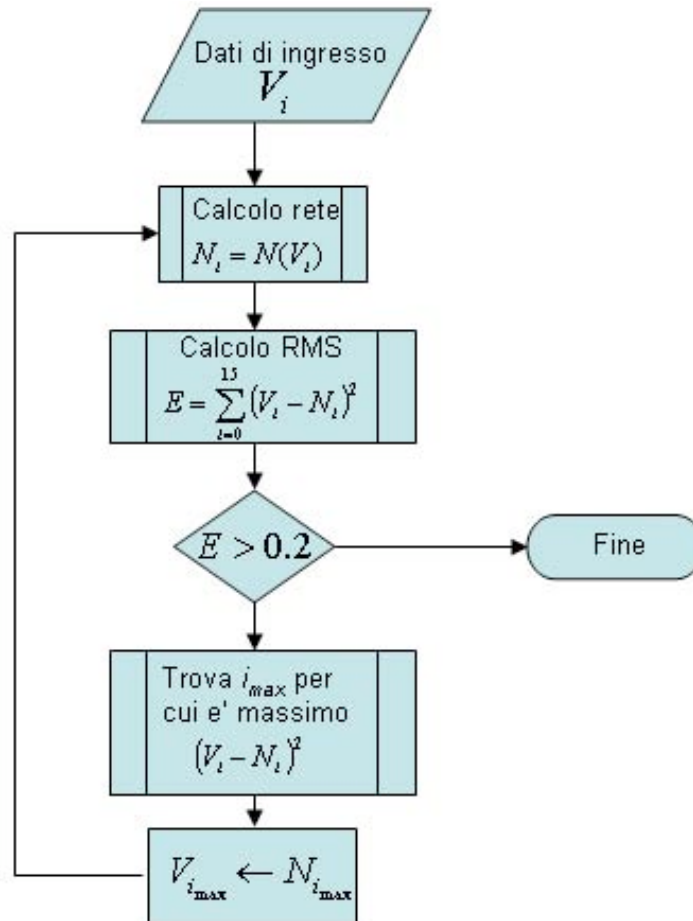


Figura 6. Diagramma di flusso dell'algoritmo di correzione. L'esame dell'errore tra ingresso ed uscita individua la condizione di errore. L'ingresso per il quale l'errore risulta massimo viene sostituito con il valore prodotto dalla rete. Il processo viene iterato fino alla scomparsa della condizione di errore.

2. Programma dimostrativo

I lettori più curiosi potranno trovare un piccolo programma dimostrativo neudemo.zip a fianco del file dell'articolo. Questo programma è stato costruito con il codice scritto per verificare l'algoritmo, addobbato con qualche estetismo. È scritto per il S.O. Windows.

Purtroppo è un po' più complicato di un semplice *.exe (di solito questa cosa mi infastidisce, tanto da impedirmi l'installazione), ma era troppo allettante usare routine grafiche prefabbricate (NI), e, quindi, bisogna registrare un componente. Il file neudemo.zip contiene due file, `correttore.exe`, e `cwui.ocx`. Suggesto di copiare il secondo file nella directory `\windows\system\` e registrarlo con la linea di comando:

```
regsvr32 c:\windows\system\cwui.ocx
```

Questo potrà successivamente essere rimosso dal registro con lo stesso comando (opzione /u):

```
regsvr32 /u c:\windows\system\cwui.ocx
```

e, quindi, cancellato. Una volta installato e lanciato il programma presenta una schermata come in figura 7.

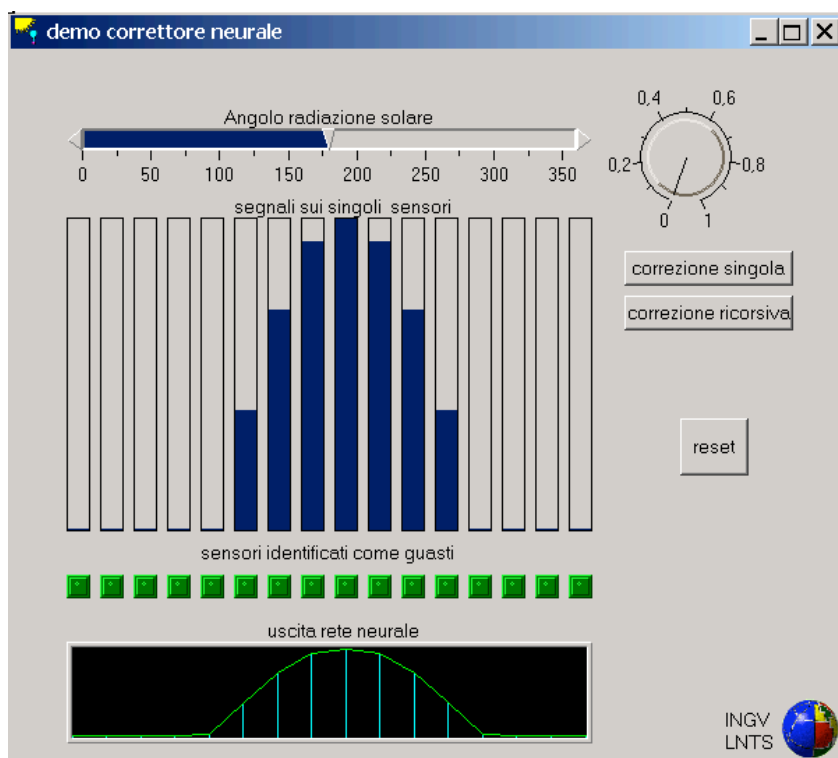


Figura 7. Schermata del programma di dimostrazione `correttore.exe`.

La slitta orizzontale in alto a sinistra permette di regolare l'angolo del sole, le barre verticali azzurre immediatamente sotto corrispondono alle intensità dei vari sensori calcolati utilizzando la (1). L'uscita della rete neurale è visibile sul diagramma in basso. Si può agire, cliccando direttamente sulle barre verticali dei sensori, per modificarne il valore o aumentare il rumore generale sui sensori agendo sul potenziometro in alto a destra. L'algoritmo di correzione può essere attivato a passi singoli (tasto correzione singola), o iterato fino a raggiungere l'assenza di errore (tasto correzione ricorsiva). Gli indicatori verdi sotto le barre dei sensori divengono rossi per i sensori trovati erronei.

Bibliografia

Lippman, R. P., (1987). An introduction to computing with Neural Nets. IEEE ASSP Magazine, April 1987.

Kreamer, M.A., (1992). Autoassociative neural networks. Computers & Chemical Engineering, vol. 16, n° 4, pp. 313-328.

Romeo, G., (1994). Seismic signals detection and classification using artificial neural networks. Annali di Geofisica, vol. XXXVII, n.3, pp. 343-353.

Romeo, G., de Bernardis, P., Di Stefano, G., Masi, S., Piacentini F., Pongetti, F. and Rao, S., (2002). Three Sun Sensors for Stratospheric Balloon Payloads. In: Proc. 2001 Workshop “Experimental Cosmology at Millimetre Wavelengths”, M. De Petris and M. Gervasi (Eds.), American Institute of Physics, vol. 616, pp. 59-61, doi:10.1063/1.1475604.

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2011 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia