

I A C  
ISTITUTO PER LE APPLICAZIONI DEL CALCOLO  
" MAURO PICONE "

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

---

**QUADERNI**  
Serie III - N. 64

V. VALENTE

Un codice di calcolo per l'identificazione  
dei parametri di trasmissività e di  
immagazzinamento in acquiferi sotterranei

ROMA  
1978

**GIOVANNI CROSTA**  
ingegnere elettronico  
Via Norcia, 10 - Telet. (02) 3088679  
20156 MILANO - Italia

Tipo-litografia Marves  
Via Mecenate 35 - Roma - Tel.730.061

## UN CODICE DI CALCOLO PER L'IDENTIFICAZIONE DEI PARAMETRI DI TRASMISSIVITA' E DI IMMAGAZZINAMENTO IN ACQUIFERI SOTTERRANEI (\*)

Vanda Valente

### 1. Introduzione

In questa nota si propone un approccio numerico per la risoluzione di un problema di identificazione di parametri. Più esattamente in un acquifero sotterraneo con una distribuzione uniforme di pozzi siano assegnate le misure delle quote piezometriche e la produzione di ciascun pozzo. Si vuole determinare a partire da questi dati, la distribuzione spaziale di due funzioni: il parametro di trasmissività, cioè la funzione che misura la facilità con cui il fluido si muove attraverso l'acquifero, e il coefficiente di immagazzinamento che misura la capacità dell'acquifero stesso.

Le incognite di questo problema compaiono come i coefficienti dell'equazione di diffusione che caratterizza la distribuzione delle altezze piezometriche in un acquifero sotterraneo

$$(1) \quad q(x, y, t) + \frac{\partial}{\partial x} \left( T(x, y) \frac{\partial}{\partial x} h(x, y, t) \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left( T(x, y) \frac{\partial}{\partial y} h(x, y, t) \right) = S(x, y) \frac{\partial}{\partial t} h(x, y, t)$$

dove

$h(x, y, t)$  = altezza piezometrica [L]

$T(x, y)$  = parametro di trasmissività [ $L^2 T^{-1}$ ]

$S(x, y)$  = coefficiente di immagazzinamento [adimensionale]

$q(x, y, t)$  = apporto o prelievamento di acqua [ $LT^{-1}$ ].

---

(\*) Lavoro svolto nell'ambito del progetto finalizzato del C.N.R. "Promozione della Qualità dell'Ambiente".

= + - ( )  
 # & - % <sup>15</sup> <

ALLEGATO A

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8

```

- DIMENSION A(11,11),P(11,11),Q(11,11),V(11,11),SP(11,11)
- DIMENSION H1(11),H2(11),FI(11,11),GR(11,11)
- DIMENSION X(11),Y(11)
- DATA FI/121*0./
- KMAX=150 # max di iteraz RLIN
- IMAX=150 # max di iteraz MAIN PG
- GMIN=1.E-08
- ITER=0
- CALL DATI (SP,A,Q,N,M,H1,H2)
- N1=N-1
- M1=M-1
- NTOT=(N1-1)*(M1-1)

```

```

C
- DO 2 I=1,N
- DO 2 J=1,M
- P(I,J)=SP(I,J)

```

```

C
- CALCOLO DEL FUNZIONALE
C
- CALL GAUSS (A,P,Q,N,M,H1,H2)
- DO 3 I=1,N
- DO 3 J=1,M
- IF (P(I,J).EQ.0.) P(I,J)=0.
- V(I,J)=(P(I,J)-SP(I,J))
- CALL SCAL (V,V,N,M,H1,H2,F)

```

```

C
- ITER=ITER+1
- CALCOLO DEL GRADIENTE

```

```

C
- CALL GAUSS (A,FI,V,N,M,H1,H2)
- CALL GRAD (P,FI,N,M,H1,H2,GR)
- CALL SCAL (GR,GR,N,M,H1,H2,GR1)
- GR1=SQRT(GR1) nessa grad. = S ||GR||^2
- WRITE (6,300) F,GR1

```

```

C
- FOLD=F
51 - IF(GR1-GMIN) 11,11,6
6 - IF(ITER-IMAX) 7,7,11
7 - CONTINUE

```

```

C
- CALCOLO DEL PARAMETRO T
C
40 - T=AMINI(1./GR1,F/(GR1**2))

```

```

C
- CALL RLIN(T,KOUNT,KMAX,V,A,GR,P,Q,SP,FOLD,GR1,N,M,H1,H2,F)
C
- IF(KOUNT.GT.KMAX) GO TO 11

```

```

11 GO TO 10
15 CONTINUE
CALL OUTPUT(F,V,A,Q,SP,N,M)
STOP
300 FORMAT (1H0,11HFUNZIONALE=,E12.5,10X,'GRADIENTE=',E12.5) conciare
END

```

44

```
SUBROUTINE RLIN(T, KOUNT, KMAX, V, A, GR, P, Q, SP, FOLD, GR1, N, M, H1, H2, F)
DIMENSION V(N, M), A(N, M), GR(N, M), P(N, M), Q(N, M)
DIMENSION SP(N, M), H1(M), H2(N)
```

```
N1=N-1
M1=M-1
```

```
NTOT=(N1-1)*(M1-1) # totale dei nodi interni
```

```
KOUNT=0 contatore di iterazioni
```

43

```
CONTINUE
```

```
IER=0
```

```
DO 9 I=1, N1
```

```
DO 9 J=1, M1
```

```
V(I, J)=A(I, J)-T*GR(I, J)
```

```
IF(V(I, J).GT.0.) GO TO 9 accetta V > 0 soltanto
```

```
V(I, J)=A(I, J)
```

```
IER=IER+1 incrementa solo se V ≤ 0
```

9

```
CONTINUE
```

```
IF(IER.GE.NTOT) GO TO 44 se V ≤ 0 in tutto il dominio interno
```

```
CALL GAUSS(V, P, Q, N, M, H1, H2) usare nuovo valore di t
```

```
DO 20 I=1, N
```

```
DO 20 J=1, M
```

```
IF(P(I, J).LT.0.) P(I, J)=0.
```

20

```
V(I, J)=(P(I, J)-SP(I, J))
```

```
CALL SCAI(V, V, N, M, H1, H2, F)
```

```
IF(F.LT.FOLD) GO TO 30
```

44

```
KOUNT=KOUNT+1
```

```
IF(KOUNT.GT.KMAX) GO TO 31 20 e non 31 non ricomincia più T(.)
```

```
T=(GR1**2)*(T**2)/(2.*(F-FOLD+(GR1**2)*T)) passo di aggiornamento
```

```
GO TO 43
```

C

30

```
DO 31 I=1, N1
```

```
DO 31 J=1, M1
```

```
IF((A(I, J)-T*GR(I, J)).LE.0.) GO TO 31 trasmissita nuova se ≤ 0
```

```
A(I, J)=A(I, J)-T*GR(I, J)
```

```
CONTINUE
```

```
RETURN
```

```
END
```

31

32

FI

```
SUBROUTINE GRAD(P, F, N, M, H1, H2, GR)
DIMENSION P(N, M), FI(N, M), GR(N, M), H1(M), H2(M)
```

79

```
N1=N-1
```

```
M1=M-1
```

```
DO 1 I=1, N1
```

```
DO 1 J=1, M1
```

```
GR(I, J)=(P(I+1, J)-P(I, J))/H2(I)*(FI(I+1, J)-FI(I, J))/H2(I)+(P(I, J+1)-P(I, J))/H1(J)*(FI(I, J+1)-FI(I, J))/H1(J)
```

```
GR(I, J)=2.*GR(I, J)
```

```
RETURN
```

```
END
```

89

deve entrare  $W$  con  $elem \geq 0$ , diaj dominante  
 0

SUBROUTINE GAUSS (A,P,Q,N,M,H1,H2)

DIMENSION A(N,M),P(N,M),Q(N,M)

DIMENSION H1(M),H2(N)

DIV(A\*GRAD P) = Q

L=0

EPS=0.1E-04

OM=1.5

LMAX=(N\*M)/2 # max di iterazioni (60)

N1=N-1

M1=M-1

DO 3 I=2,N1

DO 3 J=2,M1

P(I,J)=0.0

IF(L-LMAX) 11,11,12

CONTINUE

D=0.

DO 5 I=2,N1

DO 5 J=2,M1

P1=A(I-1,J)/(H2(I-1)\*\*2)+A(I,J)\*(H2(I-1)-H2(I))/(H2(I-1)\*\*2)\*H2(I

\*I-1)+H2(I))

P2=A(I,J-1)/(H1(J-1)\*\*2)+A(I,J)\*(H1(J-1)-H1(J))/(H1(J-1)\*\*2)\*(H1(

\*J-1)+H1(J))

P3=2.\*A(I,J)/(H2(I)\*H2(I-1)+H2(I))

P4=2.\*A(I,J)/(H1(J)\*H1(J-1)+H1(J))

X=(P(I-1,J)\*P1+P(I,J-1)\*P2+P(I+1,J)\*P3+P(I,J+1)\*P4)/Q(I,J)/(P1+P2+

\*P3+P4)

ERR=ABS(X-P(I,J))

IF(ERR-D) 6,6,7

D=ABS(X-P(I,J))

CONTINUE

L=L+1

IF(D-EPS) 9,8,8

GO TO 10

CONTINUE

CONTINUE

RETURN

END

ITERAZIONE

3  
10  
11

7  
6  
5  
8  
12  
9

1

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

127

10 knowledge about i valori di  $A(I,J)$  al contorno  
 $A(1,J)$ ,  $A(I,1)$ , che vanno aggiornati  
 ma non  $(A(N,J), A(I,M))$  che non  
 necessitano di essere aggiornati

### Bibliografia

- [1] D.A. WISMER, R.L. PERRINE, Y.Y. HAIMES: *Modeling and identification of Aquifer Systems of high dimension*. Automatica, 6. Pergamon Press, 1970.
- [2] I. GALLIGANI, V. VALENTE: Identificazione di modelli per lo studio di acque sotterranee. *Applicazioni del Calcolo*, Marves (1975).
- [3] F. BONGIORNO, V. VALENTE: A method of characteristics for solving an underground Water Maps problem. *Pubbl. IAC* s. III, 116.
- [4] G. CHAVENT: Estimation de parametres distribues dans des equations aux derivees partielles. *Colloques IRIA*, Rocquencourt (1973).