



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900606960
Data Deposito	27/06/1997
Data Pubblicazione	27/12/1998

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	V		

Titolo

METODO PER L'ESPLORAZIONE PETROLIFERA BASATO SUL CALCOLO DI UN ATTRIBUTO DI CONTINUITA', A PARTIRE DA VOLUMI SISMICI A TRE DIMENSIONI
--

932

AGIP S.p.A.

* * * * *

DESCRIZIONE

MI 97 A 1528

La presente invenzione riguarda un metodo per l'esplorazione petrolifera basato sul calcolo di un attributo di continuità a partire da volumi sismici a tre dimensioni (3D).

Detto metodo comprende i seguenti passaggi:

- a) selezione, dal volume oggetto dell'analisi, di un piccolo sottovolume centrato su un punto X_0, Y_0, Z_0 ;
- b) calcolo della matrice di covarianza di detto sottovolume;
- c) calcolo di un indice di correlazione mediante un'analisi delle componenti principali che misura la continuità al punto X_0, Y_0, Z_0 ;
- d) ripetizione dei passaggi a), b) e c) per tutti i punti X, Y, Z generici compatibilmente con il volume di partenza;
- e) visualizzazione del volume così calcolato o di mappe ottenute come sezioni del medesimo estratte lungo una superficie.

27 GIU. 1997

Tale metodo si integra nel processo di ricerca di idrocarburi per mezzo di prospezioni geofisiche che prevede, a monte dello stesso, l'acquisizione e l'elaborazione del dato sismico 3D e a valle l'interpreta-

938

zione, per mezzo di strumenti di visualizzazione e stampa, del volume sismico in unione agli attributi calcolati; il dato sismico ottenuto permette la localizzazione di faglie ed altre discontinuità in sottosuperficie e l'ubicazione degli idrocarburi in relazione alla presenza di anomalie della risposta sismica.

Il brevetto US 5,563,949 descrive un metodo per la ricerca degli idrocarburi che prevede i seguenti passaggi:

- 1) calcolo per ogni punto P appartenente al volume sismico 3D di una misura di correlazione lungo un piano parallelo all'asse x;
- 2) calcolo per ogni punto P appartenente al volume sismico 3D di una misura di correlazione lungo un piano parallelo all'asse y;
- 3) composizione dei due risultati parziali al fine di calcolare il cosiddetto attributo di coerenza in corrispondenza del punto P;
- 4) ripetere per tutti i punti P di interesse appartenenti al volume considerato.

Il limite principale di tale approccio è dato dal fatto che il calcolo viene condotto separatamente lungo due direzioni ortogonali i cui risultati parziali vengono poi mediati a ricavare il valore di continuità

938

in un dato punto; ciò comporta una minore risoluzione e robustezza in presenza di rumore.

Nell'abstract "Coherence computations with Eigenstructure" (A. Gersztenkorn and K. J. Marfurt, EAGE, giugno 1996, Amsterdam) si fa riferimento al calcolo della coerenza per mezzo di un algoritmo multitraccia basato sulla "eigendecomposition" della matrice di covarianza delle tracce sismiche, ovviando ai limiti della metodologia precedentemente descritta.

Un limite del metodo così come presentato dagli autori è dato dal degrado delle prestazioni in presenza di riflettori pendenti, ovvero di marcati trend di correlazione non orizzontali.

Per ovviare a tali inconvenienti, la Richiedente ha sviluppato un metodo per l'esplorazione petrolifera basato sul calcolo di un attributo di continuità a partire da volumi sismici a tre dimensioni (3D).

L'attributo di continuità è una misura, in funzione del tempo, della correlazione fra una traccia sismica e quelle circostanti: esso evidenzia elementi strutturali e stratigrafici, quali faglie e canali, i quali contribuiscono alla costruzione di un modello interpretativo più accurato riducendo il rischio economico legato alle attività esplorative.

Detto metodo comprende i seguenti passaggi:

gpl

- a) selezione, dal volume oggetto dell'analisi, di un piccolo sottovolume centrato su un punto X_0, Y_0, Z_0 ;
- b) calcolo della matrice di covarianza di detto sottovolume;
- c) calcolo di un indice di correlazione mediante un'analisi delle componenti principali che misura la continuità al punto X_0, Y_0, Z_0 ;
- d) ripetizione dei passaggi a), b) e c) per tutti i punti X, Y, Z generici compatibilmente con il volume di partenza;
- e) visualizzazione del volume così calcolato o di mappe ottenute come sezioni del medesimo estratte lungo una superficie.

Un volume sismico 3D è descrivibile come una funzione:

$$f(x,y,z)$$

Una traccia è ottenuta fissando due coordinate x_0 e y_0 e considerando la funzione della sola z che così si ottiene:

$$T_{x_0,y_0}(z) = f(x_0,y_0,z)$$

Il calcolo dell'attributo proposto consiste nell'eseguire per ogni coppia x_0, y_0 i seguenti passaggi:

- estrarre le 9 tracce formanti un quadrato 3x3 cen-

93

trato su x_0, y_0 (Figura 1). Ai fini della descrizione del passaggio successivo, le 9 tracce estratte vengono rinominate A, B, ..., I (come riportato nella vista in pianta di Figura 2); si chiama sottovolume l'insieme di tracce così estratto;

- effettuare il calcolo dell'attributo per ogni valore di z (tenuto fisso X_0 e Y_0), secondo le modalità di seguito descritte.

Per il calcolo dell'attributo di continuità all'interno di un sottovolume assegnato, come definito al punto a) della presente invenzione, sia $\Sigma(z)$ la matrice di covarianza relativa ad una finestra, centrata su z , del sottovolume di analisi (punto b) della presente invenzione):

$$\Sigma(z) = \begin{bmatrix} \sigma_{AA} & \sigma_{AB} & \dots & \sigma_{AI} \\ \sigma_{BA} & \sigma_{BB} & \dots & \sigma_{BI} \\ \vdots & & & \vdots \\ \sigma_{IA} & \dots & \dots & \sigma_{II} \end{bmatrix}$$

così calcolata:

$$\tilde{P}(z) = \frac{1}{2W+1} \sum_{k=-W}^W P_{z+k}$$

$$\tilde{Q}(z) = \frac{1}{2W+1} \sum_{k=-W}^W Q_{z+k}$$

$$\sigma_{PQ}(z) = \sigma_{QP}(z) = \frac{1}{2W+1} \sum_{j=-W}^W \left(P(z+\Delta_P+j) - \tilde{P}(z+\Delta_P) \right) \left(Q(z+\Delta_Q+j) - \tilde{Q}(z+\Delta_Q) \right)$$

gpl

dove $\sigma_{PQ}(z)$ rappresenta la covarianza tra due tracce P e Q in una finestra larga $2W+1$ centrata su z .

L'attributo di continuità calcolato nel punto (x_0, y_0, z) del sottovolume (punto c) della presente invenzione) é definito da:

$$C(x_0, y_0, z) = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n}$$

dove $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ sono gli autovalori della matrice $\Sigma(z)$ ordinati in modo decrescente, ovvero le soluzioni dell'equazione:

$$\det(\lambda I - \Sigma(z)) = 0$$

Ripetendo il calcolo per tutti i valori di z sarà possibile determinare l'attributo di continuità all'interno del sottovolume.

Si noti che le N tracce entrano in modo paritetico nel calcolo: il metodo non si basa su una analisi per piani perpendicolari e non tratta la traccia al centro in modo privilegiato, ma esprime direttamente un valore di continuità riferito al sottovolume delimitato nel piano dalle tracce utilizzate e nella terza dimensione dalla finestra W (vedi Figura 3).

I parametri Δ_P, Δ_Q rappresentano degli scorrimenti e servono a compensare la presenza di riflettori pendenti, ovvero di marcati trend di correlazione non

gbl

orizzontali mentre in caso contrario si assume $\Delta_i = 0$; pertanto, si possono individuare due modalità di calcolo facenti parte del metodo oggetto della presente invenzione:

- 1) modalità semplificata in cui si pone $\Delta_i = 0$;
- 2) modalità estesa in cui i Δ sono stimati come di seguito.

Precisamente, il calcolo degli scorrimenti Δ si svolge (facendo riferimento alla Figura 2):

- $\Delta_i = 0$ per definizione,
- Δ_p è il valore (compreso in un intervallo $-\Delta_{\max} \dots \Delta_{\max}$) che rende massima l'espressione

$$\sum_{j=0}^L P(z + \Delta_p + j) I(z + j)$$

dove I rappresenta la traccia centrale e P una delle restanti (A, B,, H).

Gli scorrimenti Δ dipendono da z e dalla lunghezza L della finestra usata per calcolarli.

A titolo dimostrativo ma non limitativo ai fini della presente invenzione, descriviamo i seguenti esempi sperimentali.

ESEMPIO 1

Durante l'esplorazione petrolifera, vengono acquisiti ed elaborati dati sismici che vengono successivamente interpretati sia come tali che con l'ausilio

gpl

* della metodologia oggetto della presente invenzione.

In Figura 4 è riportato un confronto tra una sezione $z = z_0$ del volume sismico ottenuto da una tipica sequenza di elaborazione (Figura 4a) e la corrispondente sezione $z = z_0$ del volume di continuità calcolato con il metodo oggetto della presente invenzione (Figura 4b), usando una finestra costante $W = 7$, senza fare ricorso alla compensazione delle pendenze ($\Delta_{\max} = 0$).

Dall'esame della figure si evidenzia la capacità del nostro metodo di evidenziare le discontinuità presenti nel dato sismico (lineamenti scuri su fondo chiaro corrispondenti a faglie del sottosuolo) soprattutto quando esse non sono affatto evidenti dal dato di partenza.

ESEMPIO 2

Per evidenziare la miglior qualità dei risultati ottenuti con il metodo oggetto della presente invenzione (Figura 5b), si è condotto un test comparato con un prodotto commerciale distribuito dalla ditta Landmark (Figura 5a) utilizzando lo stesso volume sismico di partenza.

E' agevole riconoscere come la sezione di Figura 5b abbia risoluzione maggiore e assai migliore definizione dei particolari rispetto a quella di Figura 5a.

938

Anche in questo caso è stata usata una finestra costante $W=7$, senza fare ricorso alla compensazione delle pendenze ($\Delta_{\max}=0$).

ESEMPIO 3

Al fine di evidenziare la significatività del calcolo delle pendenze da noi proposto, abbiamo esaminato un caso in cui l'utilizzo o meno di tale calcolo influenza la qualità dei risultati.

In Figura 6 è raffigurata una sezione $z=z_0$ di un volume di continuità calcolato senza detta compensazione delle pendenze (modalità semplificata) a confronto con il corrispondente volume calcolato con $\Delta_{\max}=4$ (Figura 7) come descritto nel nostro metodo (modalità estesa) e lasciando tutti gli altri parametri invariati.

La zona centrale che senza compensazione delle pendenze è rappresentata come uniformemente non continua (zona riquadrata di Figura 6), rivela la sua reale struttura (zona riquadrata di Figura 7), solo se si identificano preventivamente le pendenze come da noi proposto.

gpl

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per l'esplorazione petrolifera comprendente i seguenti passaggi:

a) selezione, dal volume oggetto dell'analisi, di un piccolo sottovolume centrato su un punto X_0, Y_0, Z_0 ;

b) calcolo della matrice di covarianza di detto sottovolume;

c) calcolo di un indice di correlazione mediante un'analisi delle componenti principali che misura la continuità al punto X_0, Y_0, Z_0 ;

d) ripetizione dei passaggi a), b) e c) per tutti i punti X, Y, Z generici compatibilmente con il volume di partenza;

e) visualizzazione del volume così calcolato o di mappe ottenute come sezioni del medesimo estratte lungo una superficie.

2. Metodo per la localizzazione di faglie ed altre discontinuità in sottosuperficie comprendente i seguenti passaggi:

a) selezione, dal volume oggetto dell'analisi, di un piccolo sottovolume centrato su un punto X_0, Y_0, Z_0 ;

b) calcolo della matrice di covarianza di detto sottovolume;

c) calcolo di un indice di correlazione mediante un'analisi delle componenti principali che misura la

gpl

continuità al punto X_0, Y_0, Z_0 ;

d) ripetizione dei passaggi a), b) e c) per tutti i punti X, Y, Z generici compatibilmente con il volume di partenza;

e) visualizzazione del volume così calcolato o di mappe ottenute come sezioni del medesimo estratte lungo una superficie.

3. Metodo per l'identificazione degli accumuli di idrocarburi in relazione alla presenza di anomalie della risposta sismica comprendente i seguenti passaggi:

a) selezione, dal volume oggetto dell'analisi, di un piccolo sottovolume centrato su un punto X_0, Y_0, Z_0 ;

b) calcolo della matrice di covarianza di detto sottovolume;

c) calcolo di un indice di correlazione mediante un'analisi delle componenti principali che misura la continuità al punto X_0, Y_0, Z_0 ;

d) ripetizione dei passaggi a), b) e c) per tutti i punti X, Y, Z generici compatibilmente con il volume di partenza;

e) visualizzazione del volume così calcolato o di mappe ottenute come sezioni del medesimo estratte lungo una superficie.

4. Volume di continuità ottenuto secondo il metodo

che comprende i seguenti passaggi:

- a) selezione, dal volume oggetto dell'analisi, di un piccolo sottovolume centrato su un punto X_0, Y_0, Z_0 ;
- b) calcolo della matrice di covarianza di detto sottovolume;
- c) calcolo di un indice di correlazione mediante un'analisi delle componenti principali che misura la continuità al punto X_0, Y_0, Z_0 ;
- d) ripetizione dei passaggi a), b) e c) per tutti i punti X, Y, Z generici compatibilmente con il volume di partenza.

5. Mappe di continuità ottenute sezionando, lungo una superficie, il volume ottenuto secondo la rivendicazione 4.

6. Metodo, secondo le rivendicazioni 1-5, in cui al punto b) si utilizza la modalità di calcolo semplificata.

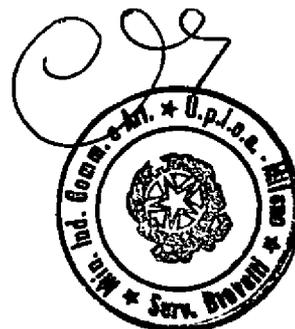
7. Metodo, secondo le rivendicazioni 1-5, in cui al punto b) si utilizza la modalità di calcolo estesa.

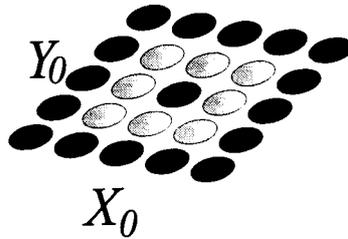
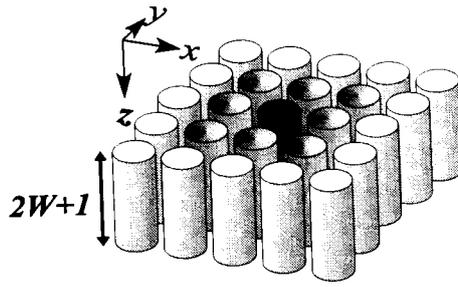
 RAG

Milano, 27 GIU. 1997

Ing. Giambattista CAVALIERE

Giambattista Cavaliere





MI 97 A 1528

Figura 1

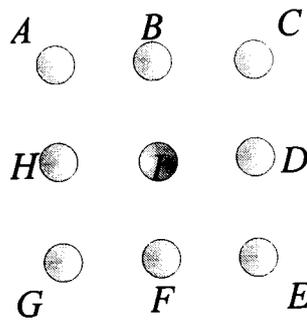


Figura 2

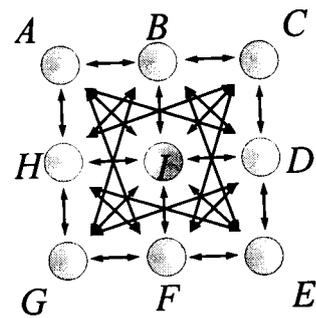
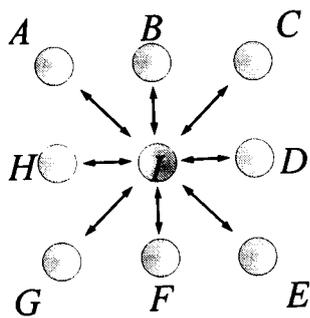


Figura 3

grauweise local

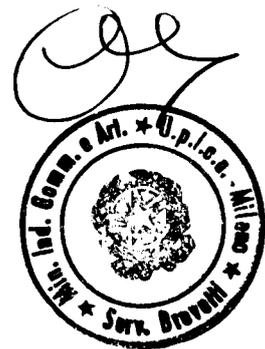
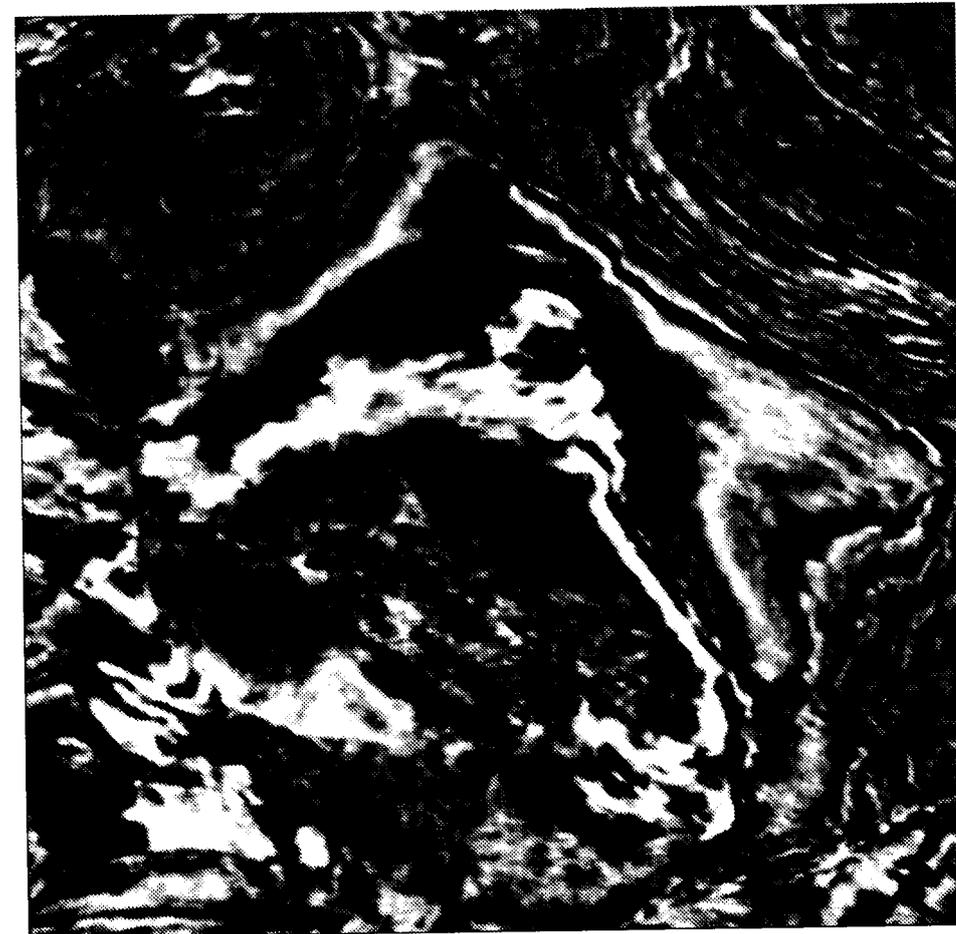
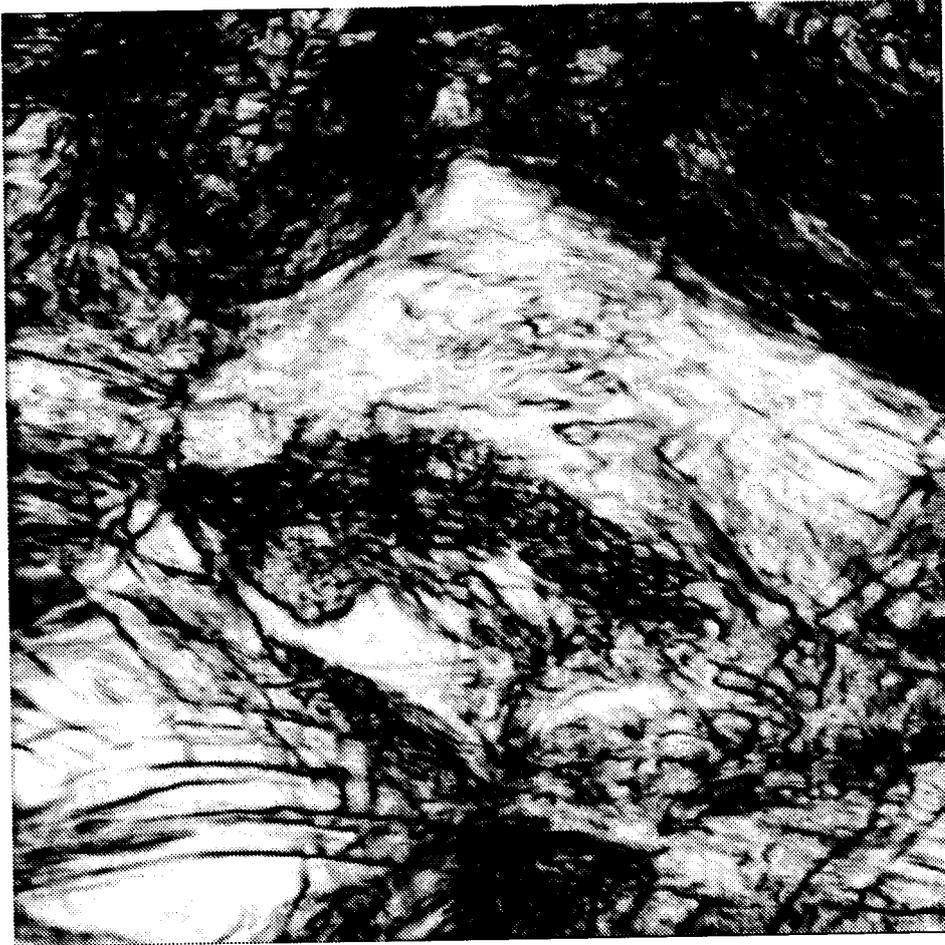


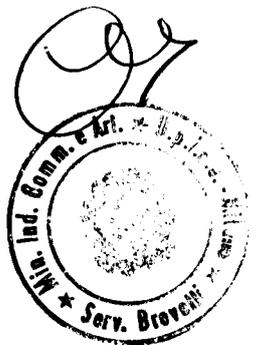
Figura 4



a



b



ginecologica

Figura 5



a



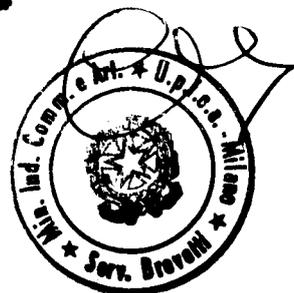
b



Giacobbe Lacedi

Figura 6

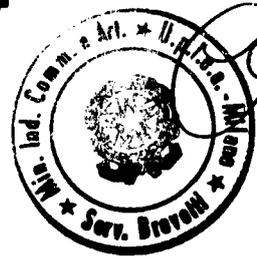
MI 97 A 1528



Giuseppe ...

Figura 7

MI 97 A 1528



Grauböckle Carol