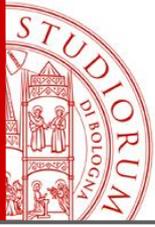


X Workshop di Geofisica, Rovereto 5-6 Dicembre 2013

La previsione dei terremoti col metodo “VAN”

Paolo Gasperini

Dipartimento di Fisica ed Astronomia, Università di Bologna, Viale Berti Pichat, 8, I-40127 Bologna (Italy), paolo.gasperini@unibo.it



La previsione dei terremoti

Come si sa' la previsione **deterministica** dei terremoti non e' possibile (e forse non lo sara' mai)

E' pero' possibile effettuare un tipo di previsione **statistica** (calcolare la probabilita' che avvenga un terremoto con certe caratteristiche)

Tuttavia, l'idea di poter **predire il futuro** e' talmente affascinante che' quando ci si convince di poterlo fare e' difficile rinunciarvi.

Cio' vale non solo per coloro che sono al difuori dell'ambito scientifico (**maghi**, fattucchiere ecc.)

ma anche come vedremo per **ricercatori scientifici** con un adeguato background in altri campi della scienza.

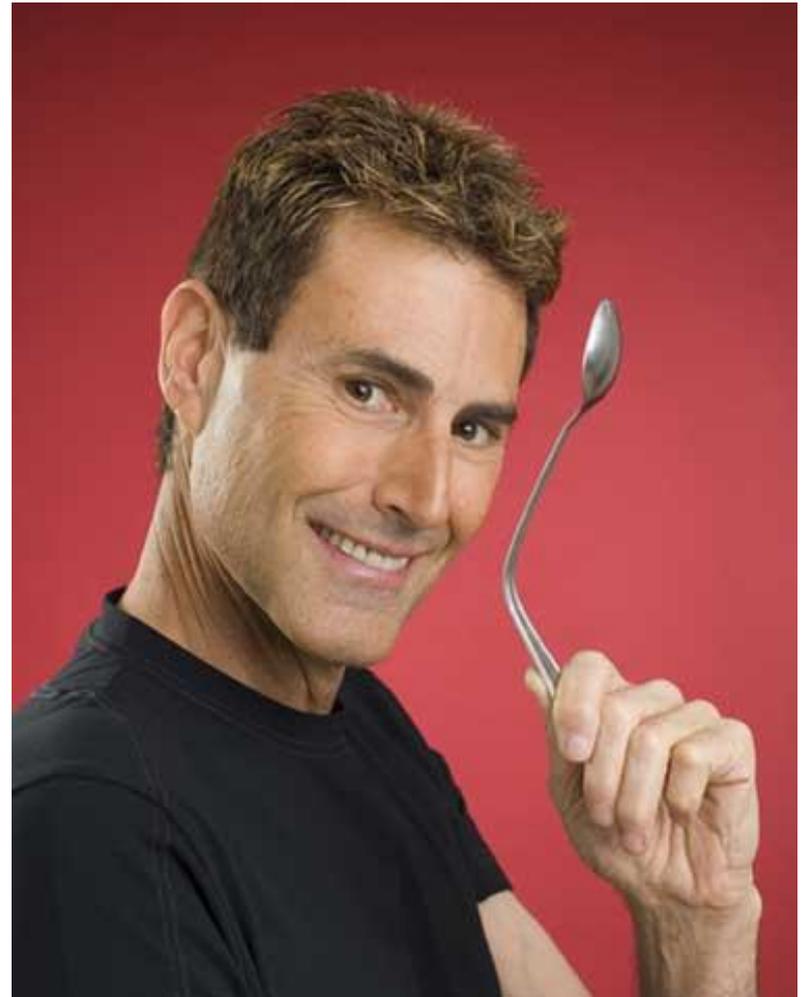
Il caso di “Uri Geller”

Qualcuno forse ricorda il caso di Uri Geller un personaggio televisivo israeliano, divenuto famoso per i poteri psichici che affermava di possedere.

Geller arrivò al successo attraverso una serie di apparizioni televisive in cui affermò di aver dimostrato le sue capacità di telecinesi, raddomanzia e telepatia

in particolare, di poter piegare cucchiaini ...

rallentare orologi ...



Il caso di “Uri Geller”

Quando fu’ dimostrato che in alcune occasioni egli aveva utilizzato **trucchi da prestigiatore**

Egli affermò che lo “doveva fare” quando i suoi poteri erano in qualche modo **ofuscati** da persone o ambienti “negativi”

Uno studio psicologico su di lui dimostrò che probabilmente egli **era sinceramente convinto di possedere tali poteri**

Qualcosa di simile è avvenuto anche ai proponenti del metodo di previsione dei terremoti “VAN”

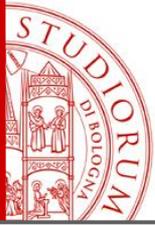


Il metodo VAN

Il metodo si chiama così dalle iniziali dei proponenti:

Panayotis Varotsos, Kessar Alexopoulos e Kostas Nomicos





Il metodo VAN

Il metodo fu' proposto da questi tre **fisici dello stato solido** dell'Università di Atene nei primi anni '80

E' basato su Segnali Elettro-Sismici (SES) che si produrrebbero **prima** di forti terremoti e permetterebbero quindi di **prevederne** l'occorrenza

I primi articoli (firmati da tutti e tre gli autori) comparvero tra il 1981 e il 1983 sugli atti di un convegno **geologico** internazionale (4th Int. Conf. on Basement Tectonics. Oslo. August 1981) e su una rivista greca **multidisciplinare** (Prakt. Akad. Athenon)

I primi articoli su una rivista geofisica (Tectonophysics) risalgono al 1984 e sono firmati solo da Varotsos e Alexopoulos (metodo **VA?**).

Successivamente entro' a far parte del gruppo anche Maria Lazaridou che **non aveva una specifica preparazione fisica** ma era la moglie di Varotsos (metodo **VAL?**).

Tra gli articoli p
delle riviste piu'
Tuttavia si tratta
fatto sul metodo

of immunotoxins would greatly diminish the number of virus particles released, over a period of time, into the circulation following the destruction of CD4⁺ cells. As a consequence of this reduced number of viral particles thus released, they could probably be neutralized effectively by the antibodies already present in the patient's blood. On the other hand, infusion of anti-CD4 antibody alone (which by itself cannot attenuate the viral population) would release far greater numbers of viral particles. As a result, the neutralizing capacity of the circulating antibodies may be considerably reduced. The injection of antiviral antibodies to neutralize the virus would then be required. Because of the antigenic drift¹ noted with this virus, extraneous infusion of anti-HTLV-III/LAV antibodies may not be particularly helpful in neutralizing the large pool of HTLV-III/LAV released by treatment with anti-CD4 antibodies.

Thus the administration of immunotoxins in miniscule amounts (as RIPS act in a catalytic manner) might forestall the spread of AIDS virus. Moreover, as only a small proportion of CD4⁺ cells are infected by the virus² and as fresh peripheral blood lymphocytes of AIDS patients do not show the presence of viral DNA, there will probably be no necessity for immunoenhancing therapy with immunotoxins.

AVADHESHA SUROLIA
M.P. RAMPRASAD

Indian Institute of Science,
Molecular Biophysics Unit,
UGC Centre of Advanced Study,
Bangalore 560 012, India

1. Klitzmann, D. & Montagnier, L. *Nature* **319**, 10 (1986).
2. Singer, A. & Shearer, G.M. *Nature* **320**, 1131 (1986).
3. Uhr, J.W. *J. Immun.* **133**, 6 (1984).
4. Barbieri, L. & Strepe, F. *Cancer Surv.* **1**, 489 (1982).
5. Thorpe, P.E. *et al. J. Biol. Chem.* **256**, 447 (1981).
6. Eklid, K. *et al. Expl Cell Res.* **126**, 321 (1980).
7. Rosen, C.A. *et al. Nature* **319**, 555 (1986).
8. Laurence, J. *Scient. Am.* **253**, 84 (1985).

Earthquake prediction and electric signals

Sir—In a comment in *News and Views*¹ P.W. Burton discussed our publications in *Tectonophysics*² on the prediction of the epicentre and the magnitude of earthquakes within a time window of 7 to 115 hours, based on the monitoring of the simultaneous changes of the electric field of the Earth observed at a number of sites. Burton expressed doubts about the claimed connections between earthquakes and the precursor signals, especially during periods of high seismicity. Of course, there is a high probability of an earthquake occurring somewhere within the time window, but we have isolated a large number of events in both time and seismic region.

A recent case, with an exceedingly small probability of having been predicted by chance, illustrates our point. On 17

December 1985, we presented a prediction to the session of the Greek Special Committee on Earthquake Prediction, which was recently established by the Greek Ministry of Public Works and consists of geologists, seismologists and physicists. The electric signals allowed two solutions, one for an event of magnitude 4.8 in the sea to the south of Kalamata (southern continental Greece) and the other for a 5.2 mag event on the coast of Asia Minor near the island of Samos. Forty hours later a 5.2 mag event occurred within 150 km of the site expected from the second solution. As no earthquake with $M > 4.7$ had occurred within the 75,000-km² area 36.7–40.0°N and 25.0–27.5°E for at least the previous 14 months, the time-probability is smaller than 10⁻⁷. Obviously the probability of simultaneously predicting the time, epicentre and magnitude is appreciably smaller.

Another recent case is the following: On 29 March 1986 a 6.1 mag event occurred at 38.3°N–25.3°E. Four days earlier the government had been officially informed of an impending 6.1 mag earthquake. The error in the prediction of the epicentre was less than 50 km.

P. VAROTSOS
K. ALEXOPOULOS
K. NOMICOS
M. LAZARIDOU

*Knossou 36, Ano Glyfada,
165 61 Athens, Greece*

1. Burton, P.W. *Nature* **315**, 370–371 (1985).
2. Varotsos, P. & Alexopoulos, K. *Tectonophysics* **110**, 73, 99 (1984).

The stability of zoological nomenclature

Sir—As one of those cast by Erzincliglu and Unwin (*Nature* **320**, 687; 1986) as "having a legalistic turn of mind", I would like to protest the spirit, as well as the content, of their letter which was intended to detail the inadequacies of the *International Code of Zoological Nomenclature* and to protest the "tyranny of the Commission".

First, the writers do not seem to understand the meaning of stability in the sense of the code. Stability has never been taken to mean that a name shall remain unchanged and unchangeable: the preamble of the *Code* states that, "All its [*Code*] provisions and recommendations are subservient to these ends [promoting stability and universality in the scientific names of animals] and none restricts the freedom of taxonomic thought or action." Further, the plenary powers of the Commission, defined in Article 79, outline the responsibility of the body to maintain stability and specifically refer to the suppression of a senior homonym as a potential option in assuring stability.

With regard to a few specific points raised by Erzincliglu and Unwin, the

Code has, for several editions, made a clear distinction between the endings of names and the name of the taxon. Thus, changing the ending of a species name to agree with that of the genus in no way constitutes a change of names.

A similar observation, of course, applies to the authors' argument regarding elevation of subfamily groups to the family level. The reasoning behind the rules governing change of rank within the family-group seems altogether clear and I cannot imagine such a change could cause confusion.

In their lengthy summary of the change of species names for the medically important African fly *Auchmeromyia luteola*, or perhaps I should say *A. senegalensis*, the writers do not seem to be offended by the change in generic placement, which presumably occurred before their entry into the world of nomenclature, but only by the discovery of an obscure senior homonym and subsequent name replacement. Their irritation is misplaced and might better have been directed at the author(s) of *Catalogue of the Diptera*, who chose to offer a replacement name rather than to maintain the well-known name and refer the matter to the Commission. This option has existed for years and is the rational way to resolve this kind of problem and assure stability.

Erzincliglu and Unwin seem particularly confused regarding the relationship between the rules of nomenclature and the classification of organisms. Adherence to the principles of cladism or, for that matter, "traditional" systematics have no bearing whatsoever on the value of the *Code*.

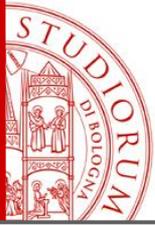
Finally, those of us who "mindlessly" adhere to the *Code* resent the notion that anarchy is the only sane alternative to felt weaknesses in the rules. There is, and always has been, the alternative of petition for change in the document. In my opinion the present *Code* constitutes an improvement, in some areas, over the previous edition. There remain very real problems regarding application of the rules to collective groups and ichnotaxa — problems that will probably never be resolved to everyone's satisfaction — but there is a mechanism within the rules to allow change to be proposed.

I find it ludicrous to consider the Commission as a group of hooded tyrants whose purpose it is to impose their arbitrary will upon the scientific community, from which, of course, they were elected. It may come as some consolation to Erzincliglu and Unwin to note that by the act of expressing their interest in nomenclature, they have qualified themselves for nomination to election to the Commission.

RODNEY M. FELDMANN

Department of Geology,
Kent State University,
Kent, Ohio 44242, USA

su Nature, una
un commento



Il metodo VAN

Gli autori (VA) degli articoli del 1984 su Tectonophysics, affermavano che i Segnali Elettro-Sismici (SES)

comparivano da 6 ore a 115 ore (4.8 giorni) prima del terremoto e avevano una durata da 1 min a 1.5 ore

Il rilevamento avveniva attraverso elettrodi di **ottone o piombo** infissi nel terreno e distanziati di 50-100 m tra loro (non ho mai visto una foto dell'apparato di rilevamento sui loro lavori)

I segnali comparivano come “variazioni transitorie” della differenza di potenziale con ampiezze da 01. a 10 mV in relazione alla magnitudo del terremoto e alla distanza della stazione dall'epicentro

La registrazione avveniva con rudimentali registratori a carta

Rilevamento dei SES

Alcuni esempi di SES:

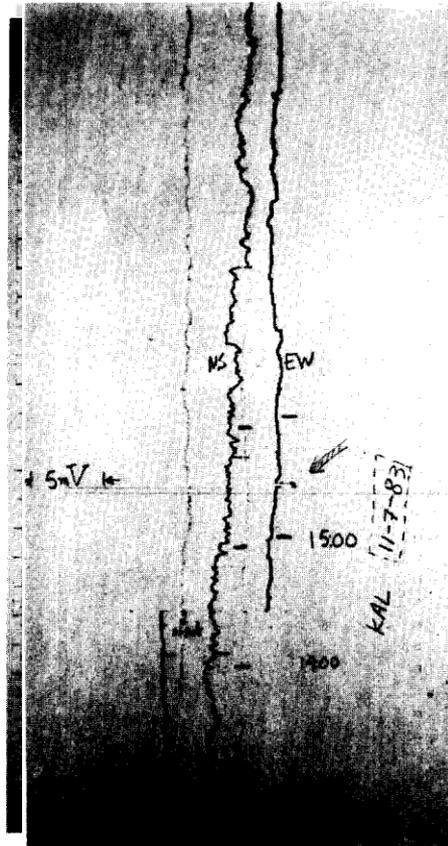


Fig. 6. The same SES as in Fig. 5 simultaneously recorded at the same station but on a parallel line (i.e. center E-W) of half the length ($L = 100$ m). By comparing this to Fig. 5 one sees a strict verification of the ϵ'' ($\Delta V/L$)-test".

Feb.

Localizzazione dell'epicentro

La determinazione dell'epicentro del “futuro terremoto” avveniva attraverso un metodo “grafico” detto dei “cerchi di Apollonio, sulla base dei rapporti tra le intensita' dei segnali osservati a coppie di stazioni

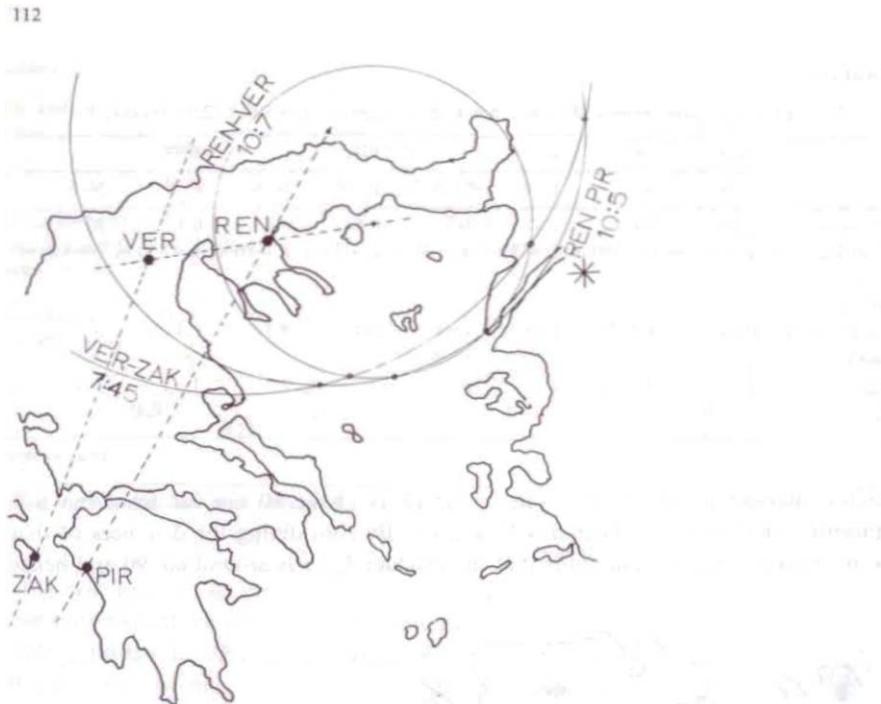
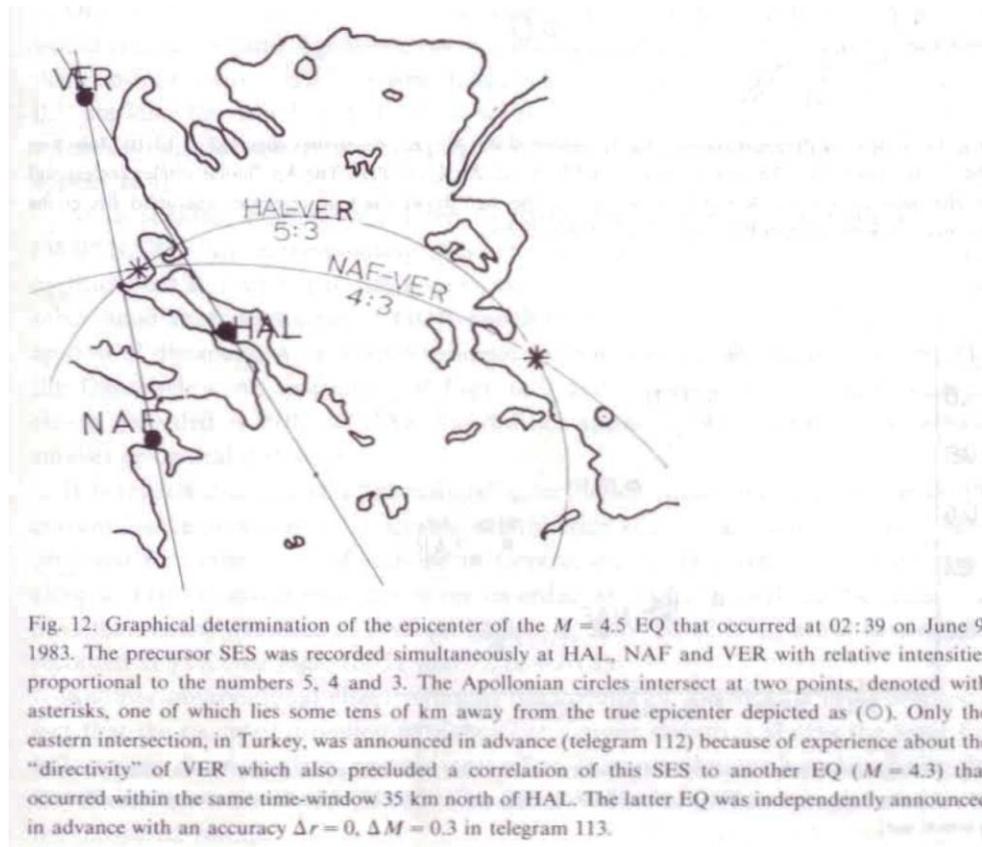


Fig. 13. Graphical determination of the epicenter of the $M = 6.5$ event that occurred at 12:01, July 5 in the Dardanelles. The SES was recorded at REN, VER, ZAK and PIR. The Apollonian circles correspond to the pairs of stations denoted in the figure. The star shows the true epicenter and solid circles the predicted epicenter from the intersection of the circles.

Localizzazione dell'epicentro

Nei casi (molti) in cui erano disponibili i segnali di solo due coppie di stazioni questo implicava la “previsione” di due epicentri alternativi



Accuratezza

L'accuratezza della localizzazione era stimata inizialmente dagli autori "dell'ordine di 100 km" mentre quella della magnitudo prevista "dell'ordine di 0.5"



Fig. 13. Graphical determination of the epicenter of the $M = 6.5$ event that occurred at 12:01, July 5 in the Dardanelles. The SES was recorded at REN, VER, ZAK and PIR. The Apollonian circles correspond to the pairs of stations denoted in the figure. The star shows the true epicenter and solid circles the predicted epicenter from the intersection of the circles.

I telegrammi

Uno degli aspetti piu' sorprendenti di questo metodo e' che le previsioni venivano "certificate" attraverso l'invio di telegrammi spediti da uno degli autori ad un'altro (riprodotti nei lavori scientifici)

|  ΤΗΛΕΓΡΑΦΗΜΑ (ΚΑΤΑΤΕΘΗΚΕ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΩΣ) | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
| ΤΗΛΕΦΩΝΟ | ΓΡΑΦΕΙΟ ΚΑΤΑΓΩΓΗΣ | ΑΡΙΘ. ΤΗΛΕΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ | ΛΕΞΕΙΣ ΗΜΕΡΑ ΩΡΑ |
| [8949849] | ΑΘΗΝΑ | № 571713 | 9/16 9/16 |
| Στοιχεία Αποστολέα | Η Αθηνών Επιστημονική Υπηρεσία | | Στοιχεία Παραλαβού |
| Η Χρυσάνθη 20:5 | 2/31/1/83 589 | | |
| Απίστος ώρα 06.20 πμ 31/1/83 κωδ Α 209-6 ή Α170-5 | | | |
| Διευτ. Αθηνών | | | |

Fig. 16. Telegram deposited at 10:58 (local time) on Jan. 31, 1983, stating that an SES had been recorded at 06:20 (local time) Jan. 31, 1983, and predicting either an $M = 6$ event 300 km west of Athens, or an $M = 5.0$ event 170 km west of Athens. An $M = 5.7$ event actually occurred $7\frac{1}{2}$ h after the deposition of the telegram, i.e. at 15:27 GMT on Jan. 31, with an epicenter 300 km west of Athens. This case is similar to that of Fig. 12 where the Apollonian circles intersect at two points and hence two probable epicenters are indicated. Telegram No. 41.

I telegrammi

Solo successivamente i telegrammi venivano inviati talvolta ad un ente governativo greco

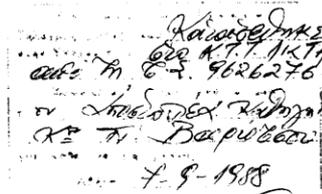
 ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΑΕ

ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ ΤΗΛΕΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

ΑΘΗΝΩΝ 155 671031 39 1/9 11.30

ΕΠΕΙΓΟΝ
ΚΟΙΝ. Ν. ΣΑΡΑΝΤΗ
ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΕΧΩΔΕ
ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ ΚΑΙ ΛΕΩΦ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ
ΥΠΕΧΩΔΕ ΑΘΗΝΑ

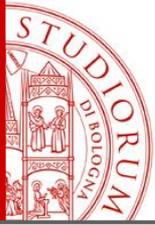
SIGNIFICANT ELECTRICAL ACTIVITY WAS RECORDED AT IOA - STATION
ON AUGUST 31 1988 EPICENTER AT N.W 300 OR W 240 WITH MAGNITUDES
5,3 AND 5,8
PROFESSOR P.VAROTSOS



140,00
8/31/88

Handwritten signature

Fig. 21. Copy of the telegram addressed to the Greek Government at 11:30 local time on September 1, 1988. The phrase "significant electrical activity..." was occasioned by the four SES depicted in Figs. 7 and 8. The same telegram was also sent to scientists in France and Japan.



I telegrammi

Come si puo' notare non venivano fornite le coordinate geografiche degli epicentri ma la loro **distanza e l'orientamento geografico** rispetto ad Atene

Cio' implica che all'incertezza dichiarata della localizzazione (100 km) si aggiungeva un'indeterminatezza di 1/16 di angolo giro (22.5 gradi) che a 300 km corrisponde a circa 120 km



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΑΕ

ΑΝΤΙΓΡΑΦΟ ΤΗΛΕΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

ΑΘΗΝΩΝ 155 671031 39 1/9 11.30

ΕΠΕΙΓΟΝ
ΚΟΝ Ν. ΣΑΡΑΝΤΗ
ΓΕΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑ ΥΠΕΧΩΔΕ
ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ ΚΑΙ ΛΕΩΦ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ
ΥΠΕΧΩΔΕ ΑΘΗΝΑ

SIGNIFICANT ELECTRICAL ACTIVITY WAS RECORDED AT IOA - STATION
ON AUGUST 31 1988 EPICENTER AT **N.W 300** OR **W 240** WITH MAGNITUDES
5,3 AND 5,8
PROFESSOR P.VAROTSOS

Un metodo “senza errori”

Nel loro articolo del 1984 su *Tectonophysics* gli autori dichiaravano che le tra le previsioni effettuate sulla base del loro metodo e i terremoti esisteva una corrispondenza “uno-a-uno” (cioè senza errori)

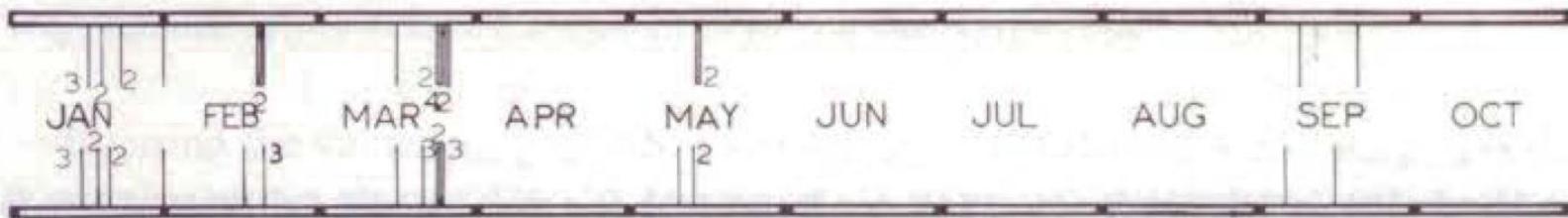


Fig. 1. Time charts of EQ and SES from Jan. to Oct. 1983. Lines above: *all EQ* with a magnitude greater or equal to 5 that occurred within a radius of 150 km from PIR. Further an $M = 4.8$ event on Febr. 20, 1983 at a small distance (10 ± 5 km) from PIR has been included. Lines below: *all SES* recorded at PIR with $\Delta V > 0.5$ mV. The numerals give the number of events. The data since Jan. 19 are given in Table 3 (p. 117).

Un metodo “con qualche errore”

Successivamente in un articolo del 1991 (sempre su Tectonophysics), i coniugi Varotsos ammisero qualche errore

LATEST ASPECTS OF EARTHQUAKE PREDICTION BASED ON SES

339

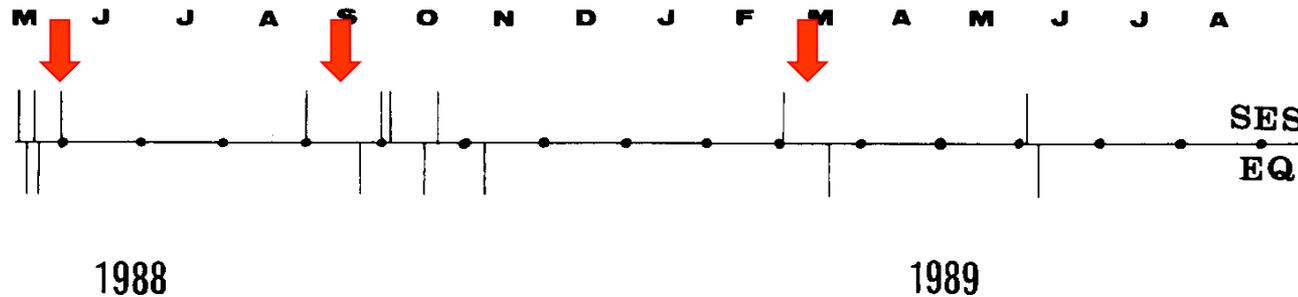


Fig. 22. Time chart for all the predictions issued for expected seismic events of $M_s \geq 5.3$ and all earthquakes (EQ) with $M_s \geq 5.3$ during the period May 15, 1988–August 10, 1989. The data are given in Table 1.

Allo stesso tempo, allargarono la finestra di previsione dai circa 5 giorni iniziali a 11

ma “ammettendo” che in alcuni casi la differenza temporale poteva raggiungere 22 giorni

Le “liste” delle previsioni

A parte i casi visti in precedenza, non sono stati mai forniti dagli autori i testi dei telegrammi ma solo delle liste riassuntive di corrispondenza tra previsioni e terremoti

TABLE 2
Complete list of predictions issued from April 1, 1987 to May 15, 1988 *

| Date of prediction (dd-mm-yy) | Prediction | Date of earthquake (dd-mm-yy) | Time of earthquake | Epicenter | Magnitude (M_s) |
|-------------------------------|---|-------------------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| 27-04-87 ¹ | 50 km from the PIR-station with M_s 5.5 | 29-05-87 | 18:40 | 30 km from PIR | 5.5 |
| | | 10-06-87 | 14:50 | 70 km from | 5.6 |
| 13-06-87 | W200—5.2 | 21-06-87 | 06:13 | WSW240 | 5.0 |
| 01-02-88 | NE200—5.0 | 10-02-88 | 10:08 | ENE287 | 4.3 |
| | | 18-02-88 | 11:11 | N130 | 5.1 |
| 10-03-88 | NW350—5.0 (or WNW260—5.0) | 16-03-88 | 20:02 | NW396 | 4.6 |
| | | 26-03-88 | 20:35 | NW438 | 5.5 |
| 02-04-88 | W250—5.0 (or SW300—5.5) | 05-04-88 | 06:24 | W200 | 4.3 |
| | | 08-04-88 | 05:57 | WSW290 | 4.4 |
| 03-04-88 | N100—5.0 | 05-04-88 | 09:17 | ENE144 | 3.8 False |
| 07-04-88 | WNW250—5.0 (or NW360—5.0) | 12-04-88 | 19:48 | W300 | 4.5 |
| | | 24-04-88 | 10:10 | WSW320 | 5.0 |
| 21-04-88 ² | 40 km from ATH—4.3 | 23-04-88 | 10:28 | NE95 | 3.4 |
| 28-04-88 | W300—5.0 (or WNW300—5.0) | 09-05-88 | 16:52 | W350 | 5.0 |

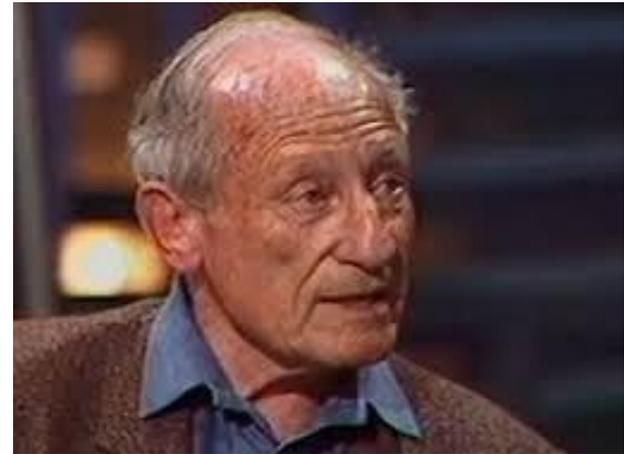
¹ Detection of GVEF at station PIR; this type of variation is usually detected a few weeks before the occurrence of strong (i.e. $M \geq 5.5$) events.

² This is the only telegram that predicts $M < 5.0$ and was sent at the request of the Authorities.

During the previous period of January 1, 1987 to April, 1987 *only one* prediction was issued on February 26; it announced a $M_s \approx 6.5$ earthquake with an epicenter at W300 and was *actually* followed by a $M_s \approx 5.9$ earthquake on February 27 at W295.

Gli “sponsor” del metodo VAN

Nel 1989, il metodo VAN assurge agli onori delle cronache grazie ad una trasmissione televisiva (“Alla ricerca dell’Arca”) condotta dal giornalista **Mino Damato**



A quella trasmissione partecipo’, oltre a Varotsos, anche l’allora famoso vulcanologo francese **Haroun Tazieff** che, pur non essendo sismologo, si era convinto dell’efficacia del metodo VAN e ne era diventato uno sponsor

Nell’intervista, Tazieff affermo’ che i geofisici italiani presenti in trasmissione (Enzo Boschi e Franco Barberi) erano “**assassini delle vittime dei terremoti**” perche’ non adottavano il metodo VAN

Gli “sponsor” del metodo VAN

Un altro “sponsor” del VAN e’ stato anche Seyia Uyeda, un geofisico giapponese che si era occupato prevalentemente di geodinamica e magnetismo (anche lui non sismologo) che si convinse della efficacia del VAN e ne divenne fiero assertore



Uyeda era Editor in Chief della rivista **Tectonophysics** quando sono stati pubblicati gli articoli sul metodo VAN

Il brevetto del metodo VAN

L'interesse per il metodo VAN era sicuramente giustificato da fini umanitari (prevenire la morte e il ferimento delle persone durante i terremoti)

Oltre a tali aspetti però il metodo assunse anche rilievi di tipo economico in quanto esso era stato **brevettato** in USA (Pat. 4612506 A) e in altri paesi.

Ci sono testimonianze che affermano che il gruppo ha effettivamente tentato di **vendere** il brevetto ad alcuni stati africani

United States Patent [19]

Varotsos et al.

[11] Patent Number: **4,612,506**

[45] Date of Patent: **Sep. 16, 1986**

[54] METHOD OF FORECASTING SEISMIC ACTIVITY RESPONSIVE TO EARTH CURRENTS

[76] Inventors: Panayiotis A. Varotsos, Knossos str. 36, Glyfada, Attica; Kessar D. Alexopoulos, Spetsipou str. 7, Athens 139; Konstantine D. Nomicos, Charilaou Trikoupi 154, Athens 709, all of Greece

[21] Appl. No.: **340,219**

[22] Filed: **Jan. 18, 1982**

[51] Int. Cl.⁴ G01V 3/08

[52] U.S. Cl. 324/348

[58] Field of Search 324/348, 349; 340/690; 73/594

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

| | | | |
|-----------|---------|--------------------|-----------|
| 2,054,067 | 9/1936 | Blau et al. | 324/354 X |
| 2,284,990 | 6/1942 | Schlumberger | 324/349 |
| 2,777,111 | 1/1957 | Hunter | 324/348 |
| 3,496,768 | 2/1970 | Boucher | 324/348 |
| 4,300,135 | 11/1981 | Korn et al. | 340/690 |

OTHER PUBLICATIONS

Coe, "Earthquake Prediction Program in the People's

Republic of China", *Trans. Amer. Geophysical Union*, 52, p. 942 (1971).

Rikitake et al., "Precursory and Coseismic Changes in Ground Resistivity", *Earthquake Prediction*, Center for Academic Publications, Japan (1978), pp. 161-173.

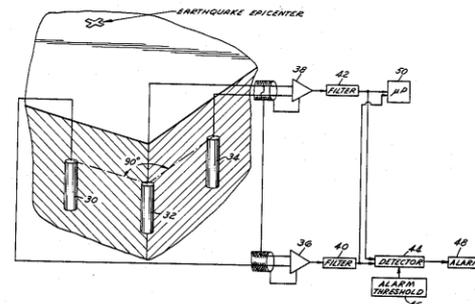
Sobolev, "Application of Electric Method to the Tentative Short-Term Forecast of Kamchatka Earthquakes", *Pageophysics*, 113, pp. 226-235 (1975).

Primary Examiner—Ernest F. Karlsen
Assistant Examiner—Walter E. Snow
Attorney, Agent, or Firm—Barnes, Kisselle, Raisch, Choate, Whittemore & Hulbert

[57] ABSTRACT

A method of forecasting earthquakes as a function of transient variations in electric earth currents and apparatus for practicing such method. Transient variations in earth currents are detected from electrodes buried in the earth and portions of the transient variations within preselected frequency ranges are selected. The amplitude of such portions are then compared to predetermined standards for predicting magnitude, location and/or time of occurrence of an impending earthquake.

10 Claims, 2 Drawing Figures



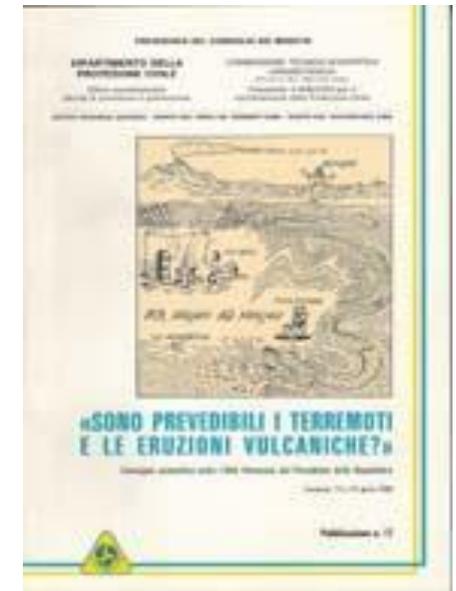
La reazione della comunità sismologica

Il metodo fino ad un certo momento era stato ignorato dalla comunità sismologica ma dopo la trasmissione di Mino Damato non era più possibile.

Nell'Aprile del 1989 venne organizzato a Taormina un convegno dal titolo: "Sono prevedibili i terremoti e le eruzioni vulcaniche" a cui parteciparono gran parte dei sismologi italiani e a cui fu' invitato ad esporre le sue tesi lo stesso Varotsos

Del convegno furono pubblicati gli atti che includevano tra l'altro un "Parere tecnico sulla validità statistica del metodo VAN" a cura di Francesco Mulargia e Paolo Gasperini che così concludeva:

"... il basso valore di efficienza rilevato, unito alla grande incertezza sulla posizione epicentrale, ed alla grande copertura temporale, priva il metodo VAN di ogni utilità pratica dal punto di vista della previsione dei terremoti."



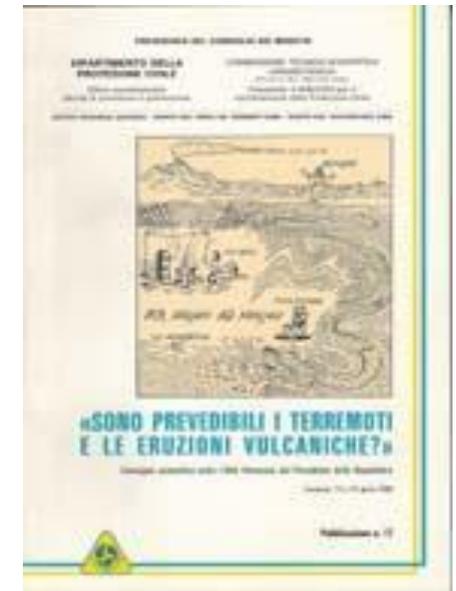
La reazione della comunità sismologica

Il metodo fino ad un certo momento era stato ignorato dalla comunità sismologica ma dopo la trasmissione di Mino Damato non era più possibile.

Nell'Aprile del 1989 venne organizzato a Taormina un convegno dal titolo: "Sono prevedibili i terremoti e le eruzioni vulcaniche" a cui parteciparono gran parte dei sismologi italiani e a cui fu' invitato ad esporre le sue tesi lo stesso Varotsos

Del convegno furono pubblicati gli atti che includevano tra l'altro un "Parere tecnico sulla validità statistica del metodo VAN" a cura di Francesco Mulargia e Paolo Gasperini che così concludeva:

"Cio' che appare sorprendente e' il fatto che, grazie al supporto della stampa e dei mezzi di informazione in genere (evidentemente a caccia di notizie sensazionali piuttosto che di informazioni vere) Varotsos e Tazieff siano riusciti ad imporre all'attenzione pubblica un metodo privo di validità scientifica e totalmente inutile dal punto di vista della Protezione Civile."



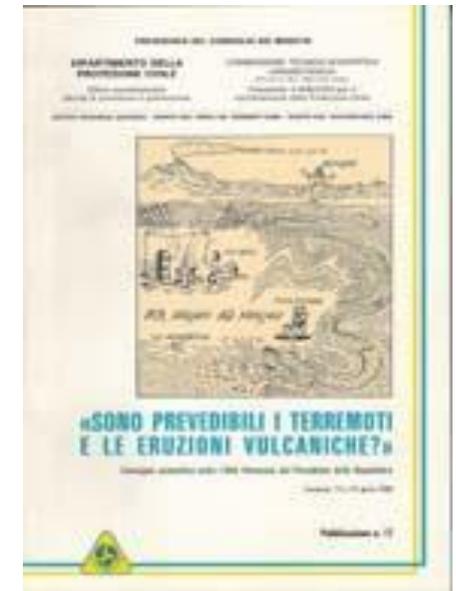
La reazione della comunità sismologica

Il metodo fino ad un certo momento era stato ignorato dalla comunità sismologica ma dopo la trasmissione di Mino Damato non era più possibile.

Nell'Aprile del 1989 venne organizzato a Taormina un convegno dal titolo: "Sono prevedibili i terremoti e le eruzioni vulcaniche" a cui parteciparono gran parte dei sismologi italiani e a cui fu' invitato ad esporre le sue tesi lo stesso Varotsos

Del convegno furono pubblicati gli atti che includevano tra l'altro un "Parere tecnico sulla validità statistica del metodo VAN" a cura di Francesco Mulargia e Paolo Gasperini che così concludeva:

"Cio' che appare sorprendente e' il fatto che, grazie al supporto della stampa e dei mezzi di informazione in genere (evidentemente a caccia di notizie sensazionali piuttosto che di informazioni vere) Varotsos e Tazieff siano riusciti ad imporre all'attenzione pubblica un metodo privo di validità scientifica e totalmente inutile dal punto di vista della Protezione Civile."

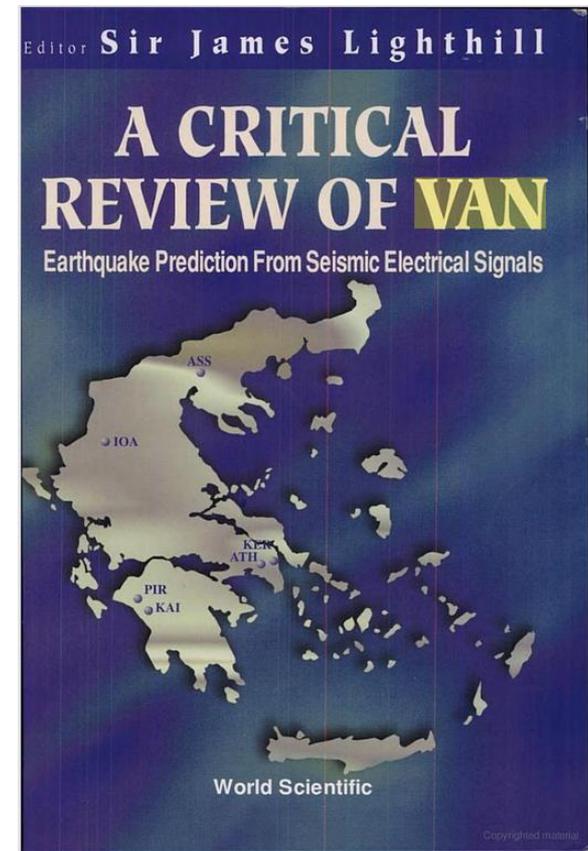


La reazione della comunità sismologica

Successivamente fu organizzato un convegno a Londra presso la Royal Astronomical Society da **Sir James Lighthill**, un matematico, specializzato in **meccanica dei fluidi** (anche lui ascrivibile tra gli sponsor del VAN)

Io e Mulargia fummo invitati a partecipare e contribuimmo al volume degli atti con un articolo dal titolo:

“Behind VAN: Tectonic Stress Changes or Earthquake Induced Alertness?”



Nostro contributo

Nel frattempo (1992) avevamo pubblicato sulla prestigiosa rivista *Geophysical Journal International* (pubblicata proprio dalla Royal Astronomical Society) un articolo di valutazione statistica che concludeva:

1) I presunti successi del VAN sono il risultato della mancata considerazione di adeguate **“regole del gioco”**

2) Tali successi possono essere, con elevato grado di confidenza, **attribuiti al caso**

3) Le previsioni VAN mostrano in tutti i casi una migliore associazione con gli eventi che sono avvenuti **prima di loro**

4) Nella migliore delle ipotesi gli effetti osservati sono di tipo **post-sismico**

Geophys. J. Int. (1992) **111**, 32–44

Evaluating the statistical validity beyond chance of ‘VAN’ earthquake precursors

Francesco Mulargia¹ and Paolo Gasperini²

¹ Dipartimento di Fisica, Settore di Geofisica, Università di Bologna, Viale Bertini Pichat 8, 40127 Bologna, Italy
² Istituto Nazionale di Geofisica, 40127 Bologna, Italy

Accepted 1992 March 25. Received 1992 March 24; in original form 1990 October 22

SUMMARY

All predictions of the future can be to some extent successful by chance. This is a crucial issue mostly overlooked in assessing the validity of earthquake precursors. We analyse statistically the effectiveness of VAN predictions *beyond chance* by studying the complete list of predictions for the period 1987 January 1–1989 November 30 recently published by Varotsos & Lazaridou (1991) using any possible combination of the ‘rules of the game’ that they consider. We find that the apparent success of VAN predictions can be confidently ascribed to chance; conversely, we find that the occurrence of earthquakes with $M_s \geq 5.8$ is followed by VAN predictions (with identical epicentre and magnitude) with a probability too large to be ascribed to chance.

Key words: chance, correlation, earthquake precursors, statistics, VAN.

INTRODUCTION

Since a reliable earthquake model is lacking, earthquake prediction is principally an empirical search for precursors, which are defined as phenomena showing ideally a one-to-one time association with seismic events. The efficiency of a given precursor is usually evaluated in terms of the rate of successful predictions over the total of predictions (*success rate*), and of the percentage of successful predictions over the number of earthquakes (*alarm rate*). In spite of their wide use, these two indexes embody only implicitly the fundamental key factor of how effective a precursor is in practice, i.e. the amount of successful predictions *not* due to chance. In fact, as all gamblers know, the future outcome of a random process can be successfully predicted by chance with some probability, and the very basis of precursor evaluation must be a test of effectiveness *beyond chance*. Barring a few specialized examples (e.g. Vere Jones 1978; Rhoades & Evison 1979; Molchan *et al.* 1990), this problem received little attention in geophysical literature, but recently a general statistical method has been presented (Mulargia 1992). An outline of this technique is given in Appendix A. We apply it to the case of VAN precursors by studying the complete list of predictions for the period 1987 January 1–1989 November 30, which has been recently published by Varotsos & Lazaridou (1991).

THE ‘VAN’ PRECURSORS

Since 1981 three physicists of the University of Athens: P. Varotsos, K. Alexopoulos and K. Nomikos (VAN), have been reporting the systematic observation of low-frequency electric signals prior to the occurrence of earthquakes in Greece (Varotsos, Alexopoulos & Nomikos 1981). The success was apparently definitive to earthquake prediction, with a ‘one-to-one correspondence’ between precursors and earthquakes (Varotsos & Alexopoulos 1984b).

Such an outstanding result was enthusiastically saluted by some as a major breakthrough, if not a final solution, to the problem of earthquake prediction. On the contrary, it raised a wave of generalized skepticism in the seismological community (e.g. Burton 1985; Drakopoulos, Stavrakakis & Latoussakis 1989), essentially due to the scanty and somehow contradictory information released about the original precursory signals, to the lack of a convincing physical explanation for the phenomenon, and to the allowed large indeterminacy in the parameters of the predicted events. The latter has two potential effects: first, combined with the high seismicity of Greece, it can critically increase the importance of chance in determining success; second, it would substantially prevent such precursory signals from being practically useful. In the present paper we focus our attention on the first point, which, as we said, must be the very foundation of any true precursor.

La “reazione” del gruppo VAN

Questo articolo, scatenò la reazione del gruppo VAN già prima che l'articolo fosse pubblicato

La RAS fu costretta (sotto minaccia di conseguenze legali) ad accludere al volume della rivista già stampato

una **pagina volante** in cui era contenuto un commento di Varotsos e colleghi senza che noi autori potessimo come d'uso rispondere

Successivamente fu pubblicato anche un altro commento (questa volta con la nostra replica) a nome di Hiromi Takayama

Geophys. J. Int. (1993) **115**, 1197–1198

Comment on 'Evaluating the statistical validity beyond chance of 'VAN' earthquake precursors' by Francesco Mulargia and Paolo Gasperini

Hiromi Takayama
Meteorological Research Institute, Nagamine 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

Accepted 1993 April 28. Received 1993 April 28, in original form 1993 January 25

Mulargia & Gasperini (1992) tested the statistical hypothesis that 'VAN' earthquake precursors were observed by chance. They concluded that the hypothesis could not be rejected because the significance level was always above 0.58. Let a random variable X be the number of earthquakes that occur in the predicted domain. The significance level is $\Pr(X \geq N_p)$ (6th and 9th columns in Table 1), where X has a Poisson distribution with mean $N_p N_e \Delta t / T$, in which N_e is the total number of earthquakes, N_p is the number of predictions, N_e is the number of correct predictions, Δt is the allowed uncertainty of precursor time and T is the total time interval. They estimated the probability that an earthquake occurs in the predicted domain by chance to be $N_e \Delta t / T$ as the approximation when few predictions were issued with a time interval smaller than Δt .

This method is valid when two event series are geographically fixed. However, 'VAN' method predicts an epicentre whose position changes each time. Therefore, the prediction in space domain should also be taken into consideration. Suppose that the allowed uncertainty in the predicted epicentre Δr is not so large, then the probability that an earthquake occurs by chance within a circle of radius Δr around the predicted epicentre is less than 1 in general. This is obvious by considering the case that Δr is very long. If seismic activity is geographically homogeneous in the examined space domain, the probability that an earthquake occurs in the predicted domain by chance decrease by a factor of $\Delta r / S$, where S is the area of the entire domain, and Δs is $\pi(\Delta r)^2$. Therefore, suppose that a prediction is issued at time t , the probability that an earthquake occurs in the time interval $(t, t + \Delta t)$ within a circle of radius Δr around the predicted epicentre by chance can be written as $p = N_e \Delta t / T (\Delta s / S)$. In 'VAN' method, most of the predictions give two different centres. This is taken into account by considering a prediction giving two epicentres as two different predictions. Let N_p' be the recounted number of predictions. The probability is rewritten as $p' = N_e' \Delta t / T (\Delta s / S)$. Assuming that seismic activity is geographically homogeneous, we calculated the significance levels for the case that the rule of the game on magnitude was 'magnitude of predictions ± 0.7 '. Let X be a binomial distribution with parameters N_p' and p' . Then, the significance level is $\Pr(X \geq N_p')$, namely the probability that, out of N_p' , the number of earthquakes happening to occur in the predicted domains is greater than or equal to N_p' as follows:

$$\Pr(X \geq N_p') = \sum_{k=N_p'}^{N_p'} \binom{N_p'}{k} (p')^k (1-p')^{N_p'-k}$$

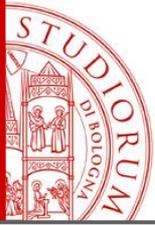
S is estimated from Fig. 1 of Mulargia & Gasperini (1992) to be $2.7 \times 10^3 \text{ km}^2$ in the 'homogeneous' case; to be $6.8 \times 10^3 \text{ km}^2$ for $\Delta r = 30 \text{ km}$, and $2.2 \times 10^3 \text{ km}^2$ for $\Delta r = 120 \text{ km}$ in the 'non-homogeneous' case. The result is shown in the 7th and 10th columns in Table 1. We concluded that in cases marked by *, the statistical hypothesis that 'VAN' earthquake precursors were observed by chance is rejected with the significance level of 0.05.

Although homogeneity of seismic activity was assumed in this study, it is actually inhomogeneous, as shown in Fig. 19 of Varotsos & Lazaridou (1991). In order to evaluate strictly the statistical validity of earthquake precursors, it is

Table 1. Comparison of significance levels between Mulargia & Gasperini (A) and this study (B).

| range | Rule of the game: Magnitude of Predictions ± 0.7 | | | | | | | | |
|---|--|--------|-------|-------------|-------|-----------------|-----|--------------------|--------|
| | N_e | N_p' | N_p | Homogeneous | | Non-homogeneous | | Significance level | |
| | | | | A | B | A | B | | |
| $\Delta t \leq 11 \text{ days}, \Delta r \leq 30 \text{ km}$ | | | | | | | | | |
| All | 29 | 48 | 1 | 547 | 1.000 | 0.940 | 93 | 1.000 | 0.857 |
| $M \geq 5.0$ | 29 | 43 | 1 | 204 | 1.000 | 0.610 | 71 | 1.000 | 0.736 |
| $M \geq 5.3$ | 14 | 17 | 0 | 80 | 1.000 | 1.000 | 18 | 1.000 | 1.000 |
| $M \geq 5.5$ | 9 | 10 | 0 | 44 | 1.000 | 1.000 | 15 | 1.000 | 1.000 |
| $M \geq 5.8$ | 5 | 5 | 0 | 19 | 1.000 | 1.000 | 5 | 1.000 | 1.000 |
| $\Delta t \leq 22 \text{ days}, \Delta r \leq 30 \text{ km}$ | | | | | | | | | |
| All | 29 | 48 | 4 | 547 | 1.000 | 0.813 | 93 | 1.000 | 0.542 |
| $M \geq 5.0$ | 29 | 43 | 4 | 204 | 1.000 | 0.121 | 71 | 1.000 | 0.271 |
| $M \geq 5.3$ | 14 | 17 | 2 | 80 | 1.000 | *0.035 | 18 | 0.966 | *0.028 |
| $M \geq 5.5$ | 9 | 10 | 1 | 44 | 1.000 | 0.090 | 15 | 0.939 | 0.122 |
| $M \geq 5.8$ | 5 | 5 | 1 | 19 | 0.859 | *0.020 | 5 | 0.403 | *0.021 |
| $\Delta t \leq 11 \text{ days}, \Delta r \leq 120 \text{ km}$ | | | | | | | | | |
| All | 29 | 48 | 20 | 547 | 1.000 | 1.000 | 417 | 1.000 | 1.000 |
| $M \geq 5.0$ | 29 | 43 | 18 | 204 | 1.000 | 0.247 | 190 | 1.000 | 0.445 |
| $M \geq 5.3$ | 14 | 17 | 6 | 80 | 0.973 | *0.029 | 51 | 0.745 | *0.009 |
| $M \geq 5.5$ | 9 | 10 | 2 | 44 | 0.915 | 0.174 | 33 | 0.811 | 0.151 |
| $M \geq 5.8$ | 5 | 5 | 1 | 19 | 0.625 | 0.151 | 14 | 0.515 | 0.137 |
| $\Delta t \leq 22 \text{ days}, \Delta r \leq 120 \text{ km}$ | | | | | | | | | |
| All | 29 | 48 | 28 | 547 | 1.000 | 1.000 | 417 | 1.000 | 1.000 |
| $M \geq 5.0$ | 29 | 43 | 25 | 204 | 1.000 | 0.865 | 190 | 1.000 | 0.970 |
| $M \geq 5.3$ | 14 | 17 | 7 | 80 | 1.000 | 0.184 | 51 | 0.991 | 0.068 |
| $M \geq 5.5$ | 9 | 10 | 3 | 44 | 0.988 | 0.191 | 33 | 0.944 | 0.159 |
| $M \geq 5.8$ | 5 | 5 | 2 | 19 | 0.584 | *0.041 | 14 | 0.424 | *0.034 |

1197



La “reazione” del gruppo VAN

L'ultimo atto dal punto di vista scientifico fu' quando Varotsos e colleghi sottomisero per la pubblicazione alla rivista americana Geophysical Research Letter un articolo :

“Basic principles for evaluating an earthquake prediction method”

che, ad onta del titolo, consisteva essenzialmente in una critica al nostro articolo sul Geophysical Journal

L'editor sismologico di G.R.L., **Robert Geller** (curiosa coincidenza ...), anziche' limitarsi a valutare l'articolo attraverso l'usuale procedura di **peer review**, decise di invitare un pool di esperti internazionali ad esprimere le loro valutazioni in un **pubblico dibattito**

sottomettendo brevi articoli (max 4 pagine) di valutazione del VAN

e garantendo il diritto di ultima replica al gruppo VAN

“Debate on VAN”

Il risultato e' un numero speciale di G.R.L. interamente dedicato in cui, tra gli altri:

noi pubblicammo 2 articoli, cui seguirono:

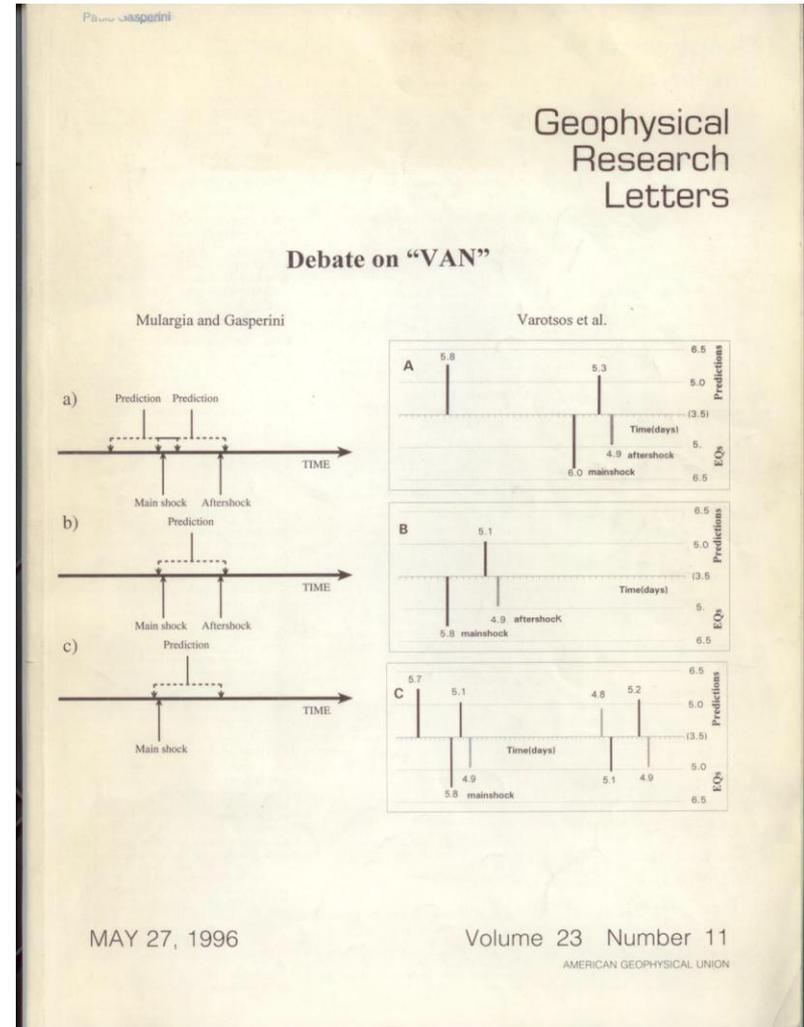
2 repliche di Varostsos e colleghi,

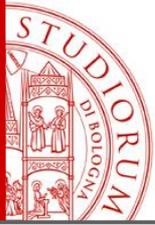
a cui replicammo una prima volta

con replica ulteriore di Varostsos e colleghi

a cui re-replicammo una seconda volta

con replica finale di Varostsos e colleghi





“Debate on VAN”

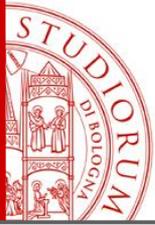
In particolare noi facemmo notare che eravamo in grado di costruire un algoritmo statistico in grado di “prevedere **a posteriori**” gli stessi terremoti anche meglio del gruppo van VAN

Il problema infatti era che il gruppo VAN non aveva fissato **a priori** i criteri per effettuare le previsioni ma di articolo in articolo li aveva progressivamente modificati quando i precedenti criteri non funzionavano

ad es. avevano portato il preavviso (inizialmente da 6 ore a 4.8 giorni) prima a 11 giorni poi (in alcuni casi) a 22 giorni.

le incertezze sulla localizzazione epicentrale che erano inizialmente di 100 km erano state portate a 120 (ma con l’indicazione polare dell’epicentro molto di più)

le incertezze sulla magnitudo (inizialmente 0.5) erano state portate a 0.7



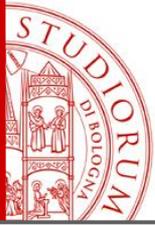
Incertezze sulla magnitudo

Le incertezze sulla magnitudo sono molto importanti perché una delle poche leggi sismologiche su cui c'è un consenso generale è la legge di Gutenberg-Richter secondo la quale la frequenza dei terremoti in funzione della magnitudo va come

$$\text{Numero} \propto \frac{1}{10^M}$$

Cioè per ogni terremoto di magnitudo 6 ce ne sono 10 di magnitudo 5, 100 di magnitudo 4, 1000 di magnitudo 3 ecc.

Quindi se si prevede un terremoto di magnitudo 5.0 e si considera azzeccata la previsione se avviene un terremoto di magnitudo 4.3 (5.0-0.7) si considera un evento che ha una probabilità **5 volte superiore di avvenire per puro caso**



Nostro algoritmo di “previsione”

Ritornando al nostro problema di prevedere i terremoti del VAN il nostro algoritmo prevedeva un terremoto con **$M \geq 5.0$** entro tre settimane (21 giorni)

quando avveniva un terremoto con **$M \geq 4.0$** , se erano trascorsi **meno di 9 giorni** o **più di 130 giorni** dal precedente terremoto di magnitudo $M \geq 5.0$.

Questa procedura era in grado ad esempio di “prevedere” 18 del 23 terremoti con $M \geq 5.0$ realmente avvenuti in Grecia dal 1989 al 1992.

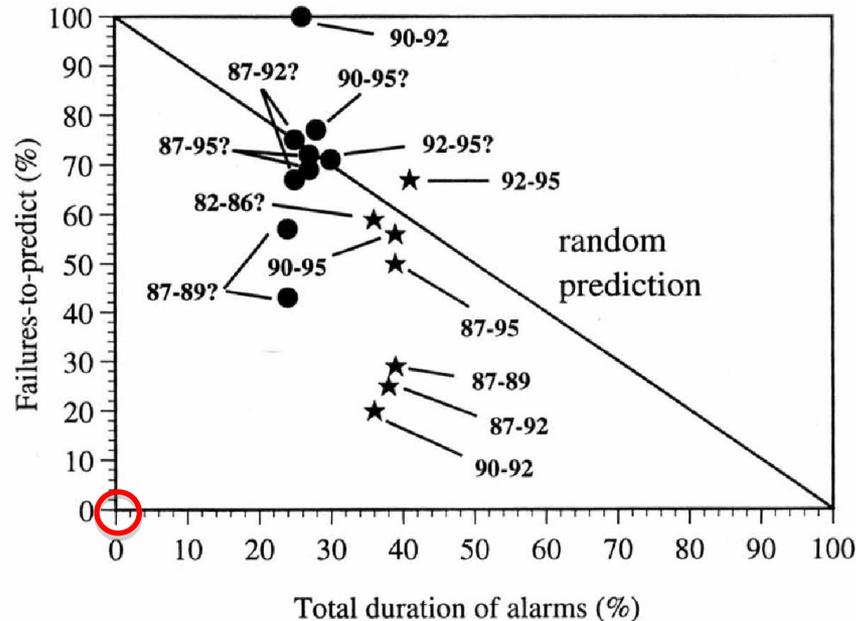
Ovviamente non si trattava di una vera previsione, perché era stata formulata **a posteriori** (così come quelle del gruppo VAN)

Inoltre, valutare l'efficacia di un metodo di previsione non basta contare successi e mancate previsioni ma bisogna anche contare i **falsi allarmi** (previsioni senza che avvenga un terremoto) e soprattutto la **durata complessiva degli intervalli di previsione**

Valutazione dell'efficacia di una previsione

Per valutare l'efficacia di un metodo di previsione si usa il **diagramma ROC** (Relative Operative Characteristics) in cui la percentuale di **previsioni mancate** (Failures-to-predict) e' confrontata con la **durata totale dei** periodi di previsione rispetto all'intervallo temporale totale (Total duration of alarms).

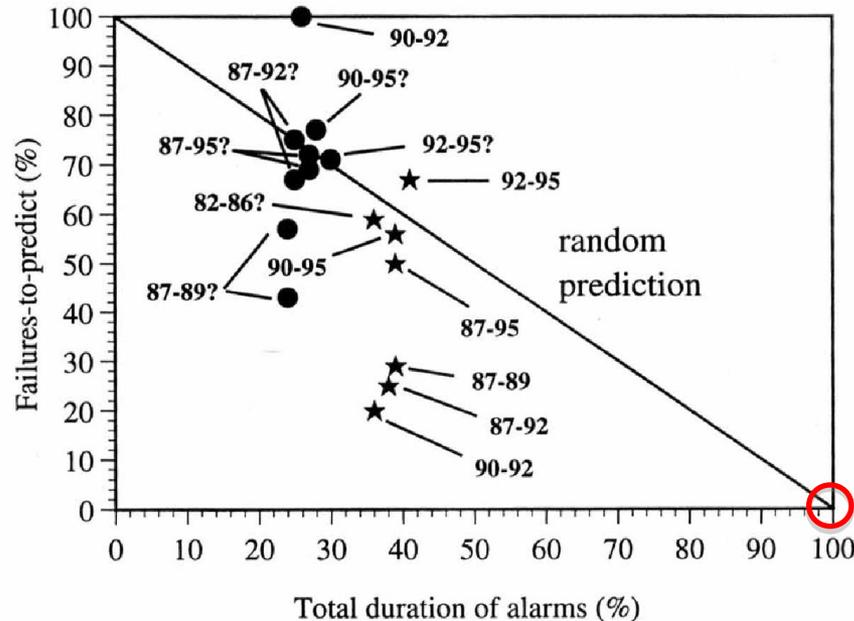
Un metodo ideale ha entrambe le percentuali prossime a 0



Valutazione dell'efficacia di una previsione

Per valutare l'efficacia di un metodo di previsione si usa il **diagramma ROC** (Relative Operative Characteristics) in cui la percentuale di **previsioni mancate** (Failures-to-predict) e' confrontata con la **durata totale dei** periodi di previsione rispetto all'intervallo temporale totale (Total duration of alarms).

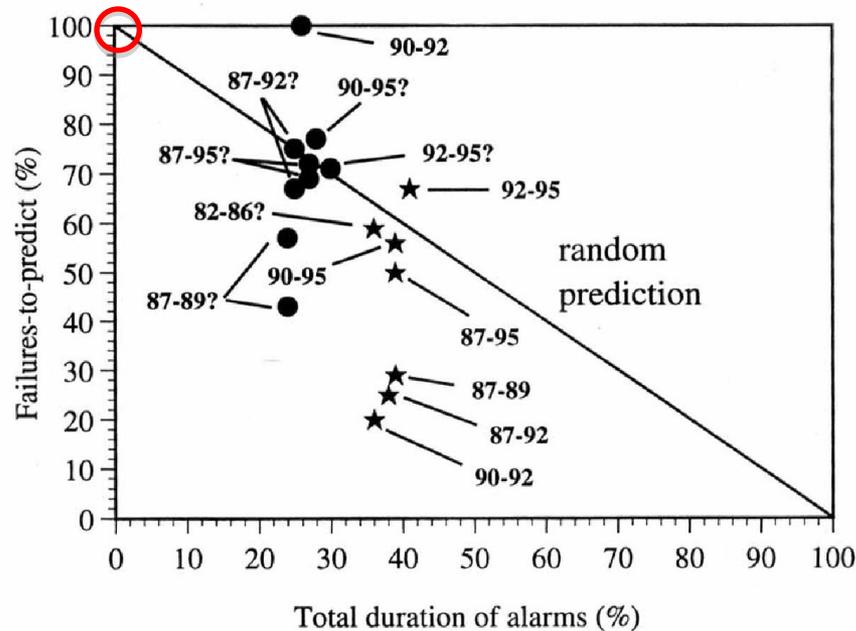
Riempiendo tutto l'intervallo con previsioni (100%) si avranno 0% di previsioni mancate in ogni caso



Valutazione dell'efficacia di una previsione

Per valutare l'efficacia di un metodo di previsione si usa il **diagramma ROC** (Relative Operative Characteristics) in cui la percentuale di **previsioni mancate** (Failures-to-predict) e' confrontata con la **durata totale dei** periodi di previsione rispetto all'intervallo temporale totale (Total duration of alarms).

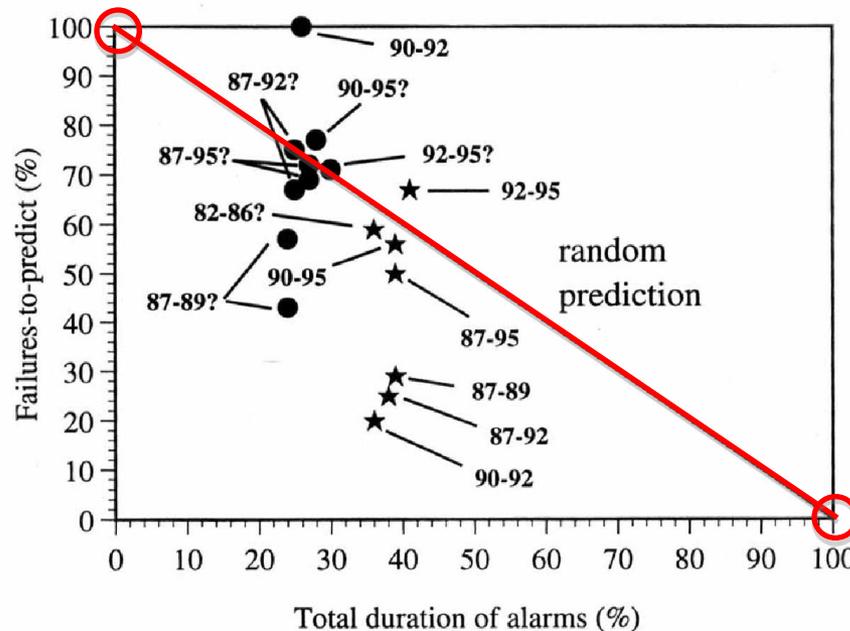
Se l'intervallo temporale di previsione e' 0% i fallimenti saranno il 100% in ogni caso

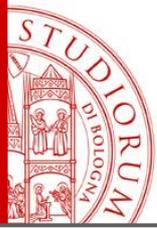


Valutazione dell'efficacia di una previsione

Per valutare l'efficacia di un metodo di previsione si usa il **diagramma ROC** (Relative Operative Characteristics) in cui la percentuale di **previsioni mancate** (Failures-to-predict) e' confrontata con la **durata totale dei** periodi di previsione rispetto all'intervallo temporale totale (Total duration of alarms).

La linea che unisce i due punti precedenti separa l'area delle previsioni efficaci (sinistra e in basso) da quelle casuali (destra e in alto)

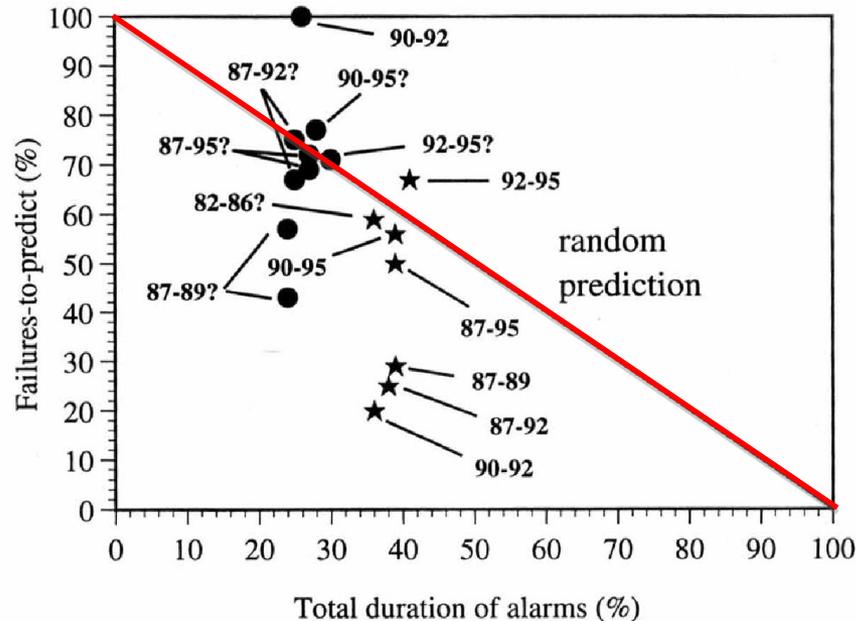


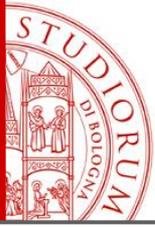


Valutazione dell'efficacia di una previsione

Con il **pallino** sono indicate le previsioni VAN mentre con la **stellina** quelle del nostro metodo su diversi intervalli temporali dal 1987 al 1995

Le previsioni VAN si posizionano tutte (escluse due, su cui esistono dubbi su un terremoto) in prossimità o al di sopra della retta di previsione casuale, mentre quelle del nostro metodo alternativo stanno in molti casi ben al di sotto della retta





Epilogo

Come spesso accade nei dibattiti (non solo scientifici ...), ognuno e' rimasto della sua opinione

Il gruppo VAN ha continuato a credere nell'efficacia del proprio metodo (un po' come Uri Geller)

Mentre la maggior parte della comunita' scientifica internazionale ha continuato a pensare che il metodo fosse:

Inefficace: perche' non prevede i terremoti meglio di una scelta a caso

Inutile: perche' prevedere un terremoto di magnitudo cosi' incerta (piu' o meno 0.7 unita') e su un'area enorme (decine di migliaia di km quadrati) non puo' essere utile alla protezione civile.

Epilogo

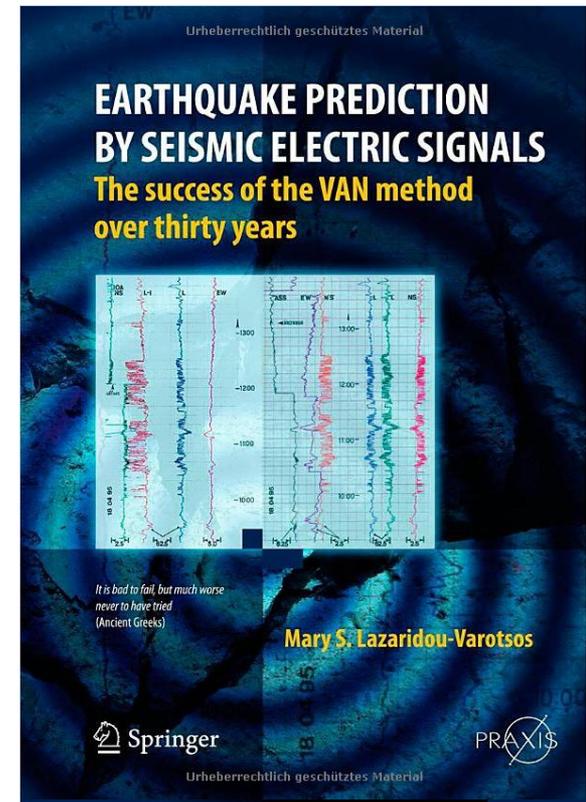
Dopo il pubblico dibattito, Varotsos ha pubblicato pochissimi articoli sul suo metodo su riviste internazionali e si e' dedicato con maggiore successo ai suoi precedenti studi di **fisica dello stato solido**

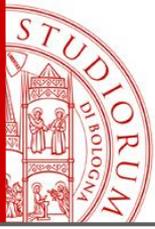
Recentemente ha ripreso lo studio di segnali precursori elettrici, nell'ambito di un nuovo approccio definito come: **analisi del tempo naturale**

Invece la signora **Lazaridou-Varotsos** ha pubblicato a suo solo nome un volume sui **“successi del metodo VAN in trenta anni”**

Non so se questo rifletta una diversa valutazione retrospettiva da parte dei due coniugi

Certamente del VAN ormai quasi nessuno (a livello internazionale) si ricorda piu





Grazie per l'attenzione