

# New Developments of the VAMOS (Volcanic Activity Monitoring System)

M. Coltelli, S. Mangiagli, E. Pecora, D. Reitano, B. Saraceno  
Sistema Poseidon

## 1. INTRODUZIONE

Un problema riscontrato nei test effettuati sulla prima versione del trigger è che nei casi di particolari attività eruttive come la continuità tra un'esplosione e la successiva oppure, come nel caso di Stromboli, dove una attività di forte degassamento è intervallata da qualche evento discreto, il sistema induce il trigger a considerare due o più eventi come uno unico. Chiaramente l'errore si ripercuote anche nella successiva fase di classificazione.

Tuttavia questo fenomeno risulta abbastanza raro ed in ogni caso l'errore potrebbe riscontrarsi solo sull'algoritmo relativo al conteggio del numero di eventi. Il trigger, infatti, segnalerebbe un evento di interesse, che verrebbe registrato su disco rigido come dato valido. Tale problema sarà risolto completamente quando la disponibilità di risorse di calcolo più potenti permetterà di rendere più sofisticato l'algoritmo, compatibilmente con il funzionamento in tempo reale. Ciò può essere fatto utilizzando, ad esempio, un algoritmo per il riconoscimento di minimi locali nel calcolo dei valori dell'area "A" di cui detto sopra, presenti in questa tipologia di eventi (Fig. 1, intervallo Time [650-700]\*0.33s).

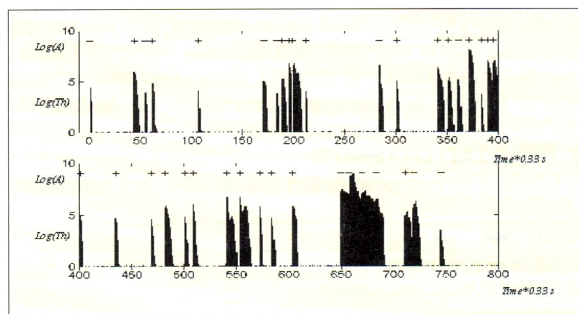


Fig. 1 Funzionamento dell'operazione di trigger

Il problema della velocità di calcolo può risultare critico esclusivamente in fase di classificazione. Infatti, nei casi di attività parossistica (tuttavia non frequenti), la coda del classificatore contenente le sequenze provenienti dalla fase di trigger può appesantirsi, rendendo necessario l'utilizzo di supporti di dimensioni relativamente grandi per l'immagazzinamento temporaneo dei dati. Il VAMOS provvede inoltre, automaticamente, alla semplificazione dell'algoritmo, rendendo più veloce il procedimento, mediante, ad esempio, l'eliminazione di step come l'incremento del contrasto di cui detto sopra.

## 2. CLASSIFICATORE

Per ovviare al problema appena esaminato, sono state apportate sostanziali modifiche all'algoritmo, prevedendo oltre alla separazione degli eventi multipli contenuti in un'unica sequenza la possibilità di occorrenze che si possono verificare contemporaneamente da due crateri distinti (Vedi Fig. 2)

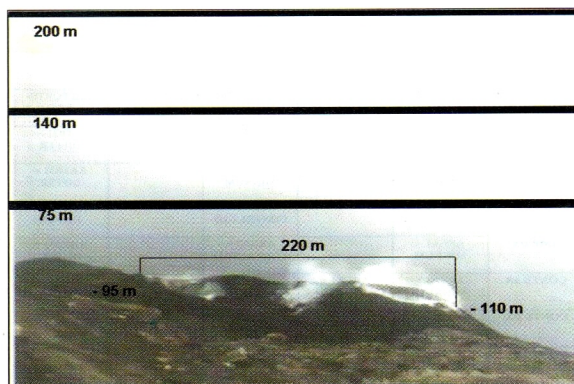


Fig.2 Terrazza craterica

Dalla esperienza fatta si è osservato come qualunque fenomeno eruttivo impulsivo non possa durare per un tempo superiore ai 15-20 s; si è dunque pensato che se i frames che costituiscono la sequenza superano un numero pari a 90, sicuramente in tale sequenza sono contenuti più eventi distinti. Quindi l'algoritmo è stato diviso in due parti separate: una parte identica all'algoritmo precedente se la sequenza è costituita da un numero di frames inferiore a 90; un'altra nel caso in cui il numero di frames è superiore a tale soglia.

Nel caso particolare di Stromboli, si è osservato come alcune sequenze potessero essere costituite anche da 500-600 frames, in questo caso la giustificazione che si può dare è che in tali sequenze siano presenti eventi discreti intervallati da periodi di degassamento, che da ora in poi identifichiamo con il termine di "continuità". In questo specifico caso si è pensato di esaminare separatamente la parte destra e sinistra dell'immagine; inoltre nel caso di presenza di continuità intervallata da eventi discreti, si separarono gli eventi discreti dalla continuità, mentre la continuità viene sommata tutta.

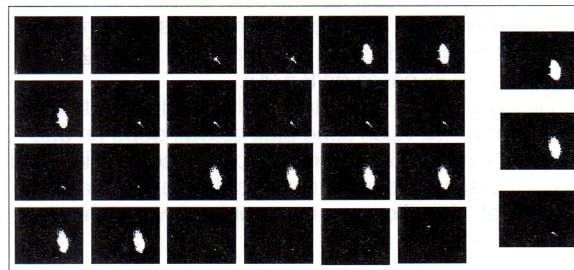


Fig. 3

In entrambe le parti dell'algoritmo la classificazione degli eventi avviene secondo la tabella 1. Di seguito è riportato l'algoritmo implementato:

Nel caso in cui il numero di frames sia inferiore alla soglia precedentemente descritta l'algoritmo procede con i passi della parte destra dello schema a blocchi. I blocchi (1), (2), (3), (4) risultano essere esattamente uguali ai blocchi precedentemente descritti, mentre il blocco (5) presenta alcune modifiche; lo schema delle possibili combinazioni è mostrato nella tabella seguente:

Fig. 4

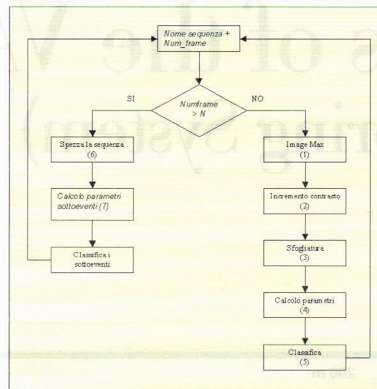
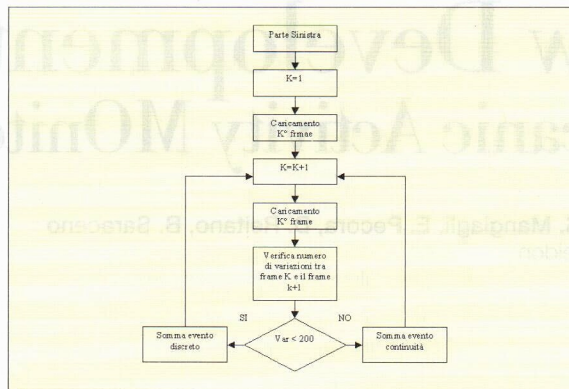


Fig. 5



TIPO EVENTO	AREA SINISTRA	AREA DESTRA	RAPPORTO LAR
DIR SX	AREA1 > CONALTAS	AREA2 < MINNUM	RATIO1 >= DIFFER
AMP SX	AREA1 > CONALTAS	AREA2 < MINNUM	RATIO1 < DIFFER
DIR DX	AREA1 < MINNUM	AREA2 > CONTALTAD	RATIO2 >= DIFFER
AMP DX	AREA1 < MINNUM	AREA2 > CONTALTAD	RATIO2 < DIFFER
CONTB SX	AREA1 > MINNUM	AREA1 < CONTBASSAS	AREA2 < MINNUM
CONTB DX	AREA1 < MINNUM	AREA2 > MINNUM	AREA2 < CONTBASSAD
CONTA SX	AREA1 < CONALTAS	AREA1 > CONTBASSAS	AREA2 < MINNUM
CONTA DX	AREA1 < MINNUM	AREA2 > CONTALTAD	AREA2 > CONTBASSAD
DIR SX + CONTALTA DX	AREA1 > CONALTAS	AREA2 < CONTALTAD	AREA2 > CONTBASSAD
AMP SX + CONTALTA DX	AREA1 > CONALTAS	AREA2 < CONTALTAD	AREA2 > CONTBASSAD
DIR DX + CONTALTA SX	AREA1 > CONTBASSAS	AREA1 < CONALTAS	AREA2 > CONTALTAD
AMP DX + CONTALTA SX	AREA1 > CONTBASSAS	AREA1 < CONALTAS	AREA2 > CONTALTAD
DIR SX + CONTBASSA DX	AREA1 > CONALTAS	AREA2 < CONTBASSAD	AREA2 > MINNUM
AMP SX + CONTBASSA DX	AREA1 > CONALTAS	AREA2 < CONTBASSAD	AREA2 > MINNUM
DIR DX + CONTBASSA SX	AREA1 < CONTBASSAS	AREA1 > MINNUM	AREA2 > CONTALTAD
AMP DX + CONTBASSA SX	AREA1 < CONTBASSAS	AREA1 > MINNUM	AREA2 > CONTALTAD
CONTBASSA DX + CONTBASSA SX	AREA1 > MINNUM	AREA1 < CONTBASSAS	AREA2 < MINNUM
CONTALTA DX + CONTBASSA SX	AREA1 > MINNUM	AREA1 < CONTBASSAS	AREA2 > CONTALTAD
CONTBASSA DX + CONTALTA SX	AREA1 > CONTBASSAS	AREA1 < CONALTAS	AREA2 > MINNUM
CONTBASSA DX + CONTBASSA SX	AREA1 > CONTBASSAS	AREA1 < CONALTAS	AREA2 > CONTALTAD

TAB. 1 - Legenda:  
 CONTBASSA = continuità bassa    CONALTAS = continuità alta  
 AMP = ampia    DIR = direzionale

Da una prima osservazione della tabella 1 si nota come il numero della classi di fenomeni possibili cresce rispetto al numero di classi osservate con il primo tipo di classificatore (si passa da 8 a 20).

Di seguito sono riportati i valori usati dopo la taratura del sistema. Tali valori sono stati ricavati dopo un attento confronto delle immagini che costituiscono ciascuna classe. Essi sono stati ottenuti confrontando i valori ottenuti dal classificatore e da un software chiamato "Scion Image".

MINNUMPIXEL	20
CONTBASSAS	200
CONTBASSAD	500
CONTALTAD	1500
CONALTAS	800
MAXCONTNUMPIXELSIN	800
MAXCONTNUMPIXELDES	1500

TAB. 2

Vediamo adesso la parte dell'algoritmo in cui si deve eseguire l'estrazione degli eventi che costituiscono un'unica sequenza.

Nello schema, N è stato posto uguale a 90. La sequenza esplosiva, presa in esame per ipotesi è costituita da (N+1) frames, l'algoritmo comincia a sommare la continuità, e ne interrompe la somma nel momento in cui tra l'immagine corrente e la precedente si verifica una brusca variazione, in termini di numero di pixel.

Lo schema per calcolare il numero di variazioni è lo stesso visto in Fig. 3. Lo stesso algoritmo viene applicato alla parte destra dell'immagine. I test utilizzati per provare il corretto funzionamento del trigger sono stati effettuati prendendo in considerazione l'attività eruttiva dello Stromboli. La fase di test del sistema è stata basata sull'attività eruttiva occorsa nel periodo Luglio-Settembre 1996 e Luglio-Settembre 1998. I vari fenomeni eruttivi sono stati precedentemente registrati dalle telecamere di sorveglianza dell'Istituto Internazionale per la Vulcanologia, analizzati ed archiviati da operatori esperti.

I dati del 1996 sono stati utilizzati nella prima versione del classificatore, la seconda versione, invece, fa riferimento ai dati del 1998.

I filmati, salvati su videocassette di tipo timelapse (su una cassetta di 3 ore è possibile conservare fino a 10 giorni di registrazione), venivano man mano digitalizzati attraverso l'uso di una scheda di acquisizione video (Miro Modello DC 20), salvati su un Hardisk, per poi essere immesse come ingresso alla Scheda National Instruments "Imaq 1411". È proprio attraverso tale scheda che il trigger acquisisce le immagini da elaborare.

### 3. RISULTATI OTTENUTI

In tabella 3 sono riportati i valori ricavati dalle varie fasi di test:

ANNO 1996	
NUMERO EVENTI EFFETTIVI	4643
NUMERO EVENTI TRIGGERATI	4060
DIFFERENZA	583
ERRORE PERCENTUALE DEL TRIGGER	12,55
NUMERO EVENTI CORRETTAMENTE CLASSIFICATI	4060
NUMERO EVENTI DIREZIONALI EFFETTIVI	2062
NUMERO EVENTI AMPIE EFFETTIVE	1998
NUMERO EVENTI DIREZIONALI CORRETTAMENTE CLASSIFICATI	1993
NUMERO EVENTI AMPIE CORRETTAMENTE CLASSIFICATE.	1481
ERRORE PERCENTUALE DI CLASSIFICAZIONE	14,43
ANNO 1998	
NUMERO EVENTI EFFETTIVI	5573
NUMERO EVENTI TRIGGERATI	4937
DIFFERENZA	636
ERRORE PERCENTUALE DEL TRIGGER	11,41
NUMERO EVENTI CORRETTAMENTE CLASSIFICATI	5167
NUMERO EVENTI DIREZIONALI EFFETTIVI	2796
NUMERO EVENTI AMPIE EFFETTIVE	2321
NUMERO EVENTI DIREZIONALI CORRETTAMENTE CLASSIFICATI	2735
NUMERO EVENTI AMPIE CORRETTAMENTE CLASSIFICATE.	2115
ERRORE PERCENTUALE DI CLASSIFICAZIONE	6,13

TAB. 3

Oltre al problema precedentemente descritto, occorre ancora osservare che in particolare i dati del 1996 sono stati ottenuti confrontando direttamente i risultati prodotti dall'operatore esperto che visiona la cassetta attraverso un videoregistratore normale, e quelli prodotti dopo la digitalizzazione del filmato. La percentuale di errore, sia in fase di trigger che di classificazione è sicuramente maggiore, in quanto la digitalizzazione, pur per quanto perfetta, è sempre soggetta alla perdita di alcuni frame intermedi. Qualora il filmato fosse stato registrato utilizzando 25 frames/s non si sarebbero evidenziate differenze cospicue, ma nel caso specifico il filmato viene acquisito a 3 frames/s e tale perdita può risultare rilevante.

I dati del 1998, invece, sono stati ottenuti prima digitalizzando il filmato, visionato poi da un operatore esperto ed infine confrontando i risultati ottenuti da quest'ultimo e dall'elaborazione effettuata dal VAMOS.

I grafici riportati sopra evidenziano i risultati ottenuti.

La figura 5 evidenzia come aver modificato le tecniche di analisi abbia consentito l'abbattimento di un punto e mezzo percentuale dell'errore del trigger nel conteggio degli eventi, anche se questo errore è sicuramente affetto dalla presenza del fenomeno della continuità. Dalla stessa figura notiamo come anche l'errore associato al classificatore abbia subito un notevole abbattimento.

Dalla figura 6 osserviamo come il passaggio alla seconda versione del classificatore, pur mantenendo pressoché costante l'errore nel conteggio degli eventi da parte del trigger (intorno al 10%), aumenti il numero di eventi correttamente classificati (passando dall'87% al 96%). La stessa figura mette inoltre in luce come una piccola correzione del valore del rapporto d'aspetto ha consentito, senza peggiorare la percentuale d'errore sugli eventi di tipo direzionale, di migliorare notevolmente la percentuale di individuazione di eventi di tipo ampio.

In tabella 4 sono mostrati alcuni parametri qualitativi utilizzati per la realizzazione dei grafici precedenti:

ANNO 96	
EVENTI EFFETTIVI / EVENTI TRIGGERATI	0,874435
EVENTI EFFETTIVI / EVENTI CLASSIFICATI	0,874435
DIREZ. CORRET. CLASS. / DIREZ. EFFETT.	0,966537
AMPIE CORRET. CLASS. / AMPIE EFFETT.	0,741241
ANNO 98	
EVENTI EFFETTIVI / EVENTI TRIGGERATI	0,885878
EVENTI EFFETTIVI / EVENTI CLASSIFICATI	0,966804
DIREZ. CORRET. CLASS. / DIREZ. EFFETT.	0,978183
AMPIE CORRET. CLASS. / AMPIE EFFETT.	0,955347

TAB. 4

#### 4. CONCLUSIONI

E' importante sottolineare che uno degli scopi di questo lavoro è quello di determinare l'energia associata ad ogni evento esplosivo. Questo obiettivo è in parte stato raggiunto: la classificazione degli eventi ha prodotto una sti-

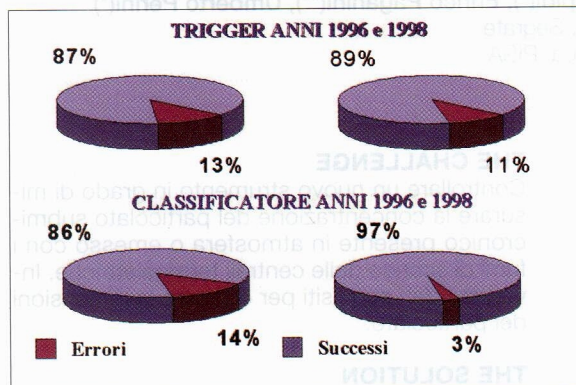


Fig. 6

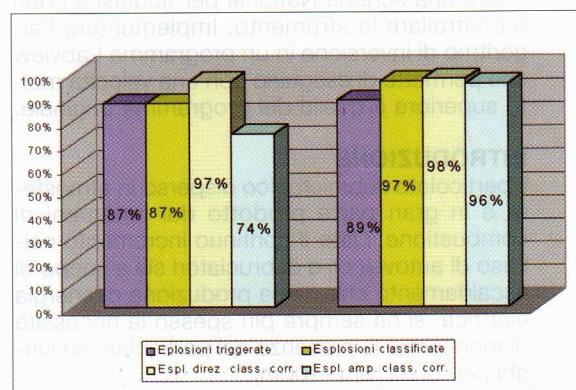


Fig. 7

ma qualitativa dell'energia.

Infatti l'energia cinetica associata ad un evento esplosivo può essere calcolata ricorrendo alla formula

$$E_c = \frac{1}{2} Mv^2$$

dove M rappresenta la massa e v la velocità.

La stima quantitativa dell'energia cinetica non può essere ricavata analiticamente perché il parametro massa è incognito. Tale stima sarà possibile attraverso la ricostruzione stereoscopica dell'immagine con l'ausilio di un'altra telecamera.

Inoltre non è possibile stimare la velocità di fuoriuscita dei clasti; quest'ultima, pur essendo correlata con la frequenza di acquisizione dei frames, manca di una delle sue componenti.

Qualora comunque fosse possibile determinare l'energia cinetica, al momento non sarebbe possibile ricavare l'energia totale rilasciata da un evento esplosivo, in quanto essa risulta funzione oltre che dell'energia cinetica, anche di altri parametri come l'energia sismica e l'energia acustica.

In conclusione il VAMOS presenta una notevole robustezza sia in fase di trigger, che di classificazione: difatti è possibile eliminare la soggettività della classificazione da parte dell'operatore esperto, in quanto in particolari eventi esplosivi, la linea di demarcazione tra una classe ed un'altra risulta essere poco evidente.