Vamos: un sistema automatico per il monitoraggio dei vulcani

Bertucco L., Nunnari G. - Dipartimento Elettrico, Elettronico e Sistemistico, Università di Catania
Coltelli M. - Istituto Internazionale di Vulcanologia, Consiglio Nazionale delle Ricerche
Mangiagli S., Pecora E. - Sistema Poseidon

THE CHALLENGE

VAMOS (Volcanic Activity MOnitoring System) è un sistema per il monitoraggio dei vulcani con attività persistente attraverso l' elabozione delle immagini.

THE SOLUTION

Implementazione di un sistema automatico di acquisizione immagini mediante trigger per il rilevamento on-line dell'occorrenza di un evento di interesse vulcanico.

ABSTRACT

VAMOS (Volcanic Activity MOnitoring System) è un sistema HW/SW per il monitoraggio dei vulcani attivi che analizza le immagini acquisite dalle telecamere fisse puntate sui crateri sommitali dei vulcani siciliani.

Il sistema riconosce in tempo reale l'occorrenza di eventi eruttivi mediante un algoritmo di trigger. Lo scopo è registrare su supporto magnetico e segnalare l'evento eruttivo. Parallelamente gli eventi registrati vengono classificati in base ad alcuni parametri geometrici misurati sulle immagini.

VAMOS sostituisce l'operatore umano preposto al rilevamento ed alla classificazione degli eventi vulcanici.

PAPER

1. Introduzione

Le tecniche tradizionali per il monitoraggio dei vulcani attivi sono basate sull'acquisizione e l'elaborazione di dati di tipo geofisico [1].

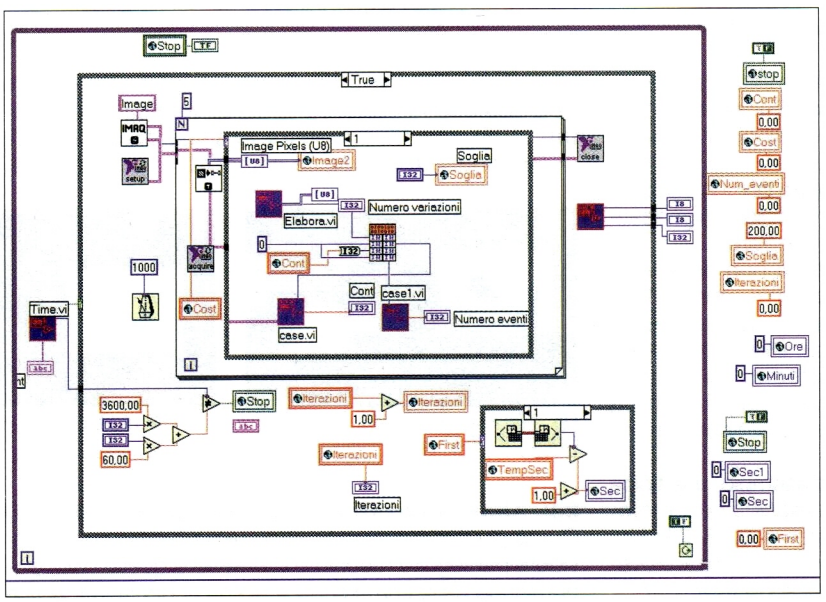
I dati di tipo visivo relativi ai fenomeni di natura vulcanica quali ad es. esplosioni di tipo stromboliano, fontane di lava, ecc., hanno assunto negli ultimi decenni, sempre maggior considerazione da parte degli studiosi del settore. E' altresì evidente che i sistemi di monitoraggio basati sull'elaborazione delle immagini sono gravati dalla necessità di dover processare rilevanti quantità di dati. I progressi tecnologici consentono un approccio più incisivo nei confronti dei problemi che coinvolgono l'elaborazione delle immagini, sia per la disponibilità a basso costo di strumenti di calcolo sempre più veloci, sia per la nascita di tecniche innovative di elaborazione.

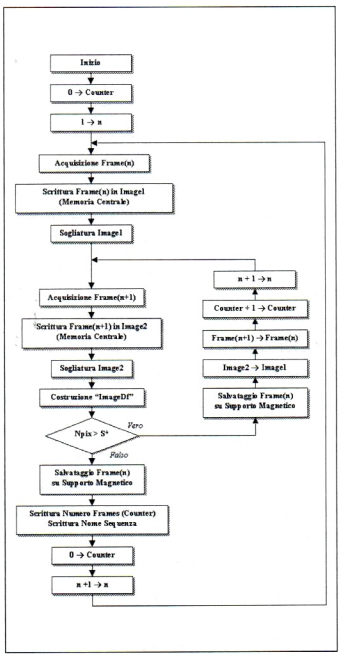
In questo lavoro viene descritto un sistema per il monitoraggio automatico dei vulcani attivi progettato per rispondere alle esigenze di sorveglianza dell'attività eruttiva dell'Etna e dello Stromboli. Le caratteristiche del sistema lo rendono comunque adattabile ad altri vulcani caratterizzati da un'attività eruttiva persistente.

Il sistema realizzato, denominato "VAMOS" (Volcanic Activity MOnitoring System), consente, mediante l'elaborazione di immagini acquisite da telecamere puntate sullo scenario da monitorare, la segnalazione on-line degli eventi eruttivi, nonché, parallelamente, una classificazione degli stessi, in modo automatico, laddove, come nel caso dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia (IIV) di Catania tali operazioni venivano effettuate da operatori specializzati, con conseguente elevato dispendio di risorse umane, ritardo nella disponibilità delle informazioni e costi elevati di gestione [2].

2. Il Sistema VAMOS

Il sistema VAMOS effettua in tempo reale ed in modo del tutto automatico il riconoscimento di eventi erut-





VAMOS Trigger on-line (sopra, fig.1) listato del programma in LabView (a fianco fig.1a) schema a blocchi dell'algortmo

TAB 1 – DISPOSITIVI IMPIEGATI

Caratteristiche

Scheda di Acquisizione
National Imaq 1408

Processore
Intel Pentium II 400 MHz

RAM
256 Mb SDRAM, tempo di accesso (10 ns

Hard Disk
SCSI, Cache 512 Kb, 7.5 ms ((7500 laps/s)

Fotogrammi Elaborati al secondo
5 (dim. 640x480)

TAB 2 - ETNA: ATTIVITÀ DEL 30 – 09- 1998 ORE 18.30 – 20.30 CAMPIONAMENTO 0.33 S

Trigger

Numero di Eventi Segnalati: 483

Numero di Eventi Effettivi: 495

Numero di Eventi Registrati: 493

Numero di Eventi Persi: 2

TAB 3 – STROMBOLI: ATTIVITÀ DEL 14-15 GIUGNO 1996

Classificatore

Numero di Eventi Presi in Esame: 600

Numero di Eventi Classificati Correttamente: 552

Numero di Eventi Classificati Erroneamente: 38

Numero di Eventi Zona Limite R'([1.35-1.65]: 45

Numero di Eventi Zona Limite R' Corretti: 22

Numero di Eventi Zona Limite R' Erronei: 23

Numero di Eventi Zona Limite A'(0.035-0.065]: 26

Numero di Eventi Zona Limite A' Corretti: 13

Numero di Eventi Zona Limite A' Erronei: 19

tivi partendo dall'analisi delle immagini acquisite. Le immagini, inviate in forma analogica, vengono digitalizzate utilizzando una scheda National IMAQ 1408.

Sulle immagini digitalizzate vengono effettuate delle elaborazioni per riconoscere l'eventuale presenza di un evento di interesse e darne segnalazione. L'evento riconosciuto sarà quindi registrato su disco rigido e parallelamente elaborato da un secondo processore.

L'algoritmo di acquisizione e riconoscimento, Fig. 1 , è stato realizzato in ambiente LabVIEW con l'aggiunta di routine in C. Le caratteristiche tecniche degli strumenti utilizzati per implementazione ed il funzionamento attuale del VAMOS sono riportate in Tab. 1.

2.1. Funzionamento del Trigger on-line

In riferimento allo schema di Fig. 1 (b), vengono descritti di seguito i passi dell'algoritmo.

Vengono acquisite le immagini frame(n) e frame(n+1).

Tali immagini vengono quindi binarizzate mediante un'operazione di sogliatura [3].

Tra le due immagini ottenute viene effettuata un'operazione di differenza pixel a pixel Successivamente l'algoritmo procede al conteggio dei pixel di colore diverso dallo sfondo (pixel neri su sfondo bianco).

Il numero ottenuto viene confrontato con un valore di soglia al fine di stabilire se vi è una variazione significativa in termini di numero di pixel tra i due frame.

La soglia viene fissata in modo da non essere influenzabile dalla possibile presenza di rumore. Utilizzando la tecnica appena descritta è possibile rilevare l'inizio di un evento e la sua durata, sfruttando le variazioni relative (significative) tra fotogrammi successivi. Una situazione di variazione non significativa tra due fotogrammi implicherebbe automaticamente la fine dell'evento corrente.

In Fig. 2 (a) viene mostrata, come esempio, una tipica esplosione del vulcano Stromboli composta da 11 fotogrammi campionati con una frequenza di 0.25 s. In Fig. 2 (b) viene mostrata la corrispondente sequenza proveniente dall'elaborazione intermedia di sogliatura.

In Fig. 2 (c) è mostrata la sequenza delle immagini finali in base alle quali il VAMOS decide se la sequenza originale deve essere considerata di interesse e quindi segnalata e registrata.

In Fig. 3 è mostrato il sistema VAMOS durante il suo funzionamento reale: il monitor di destra mostra

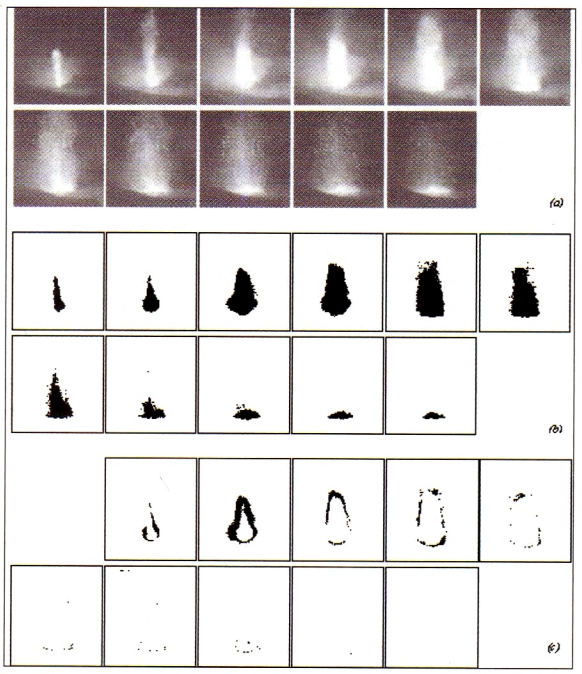


Fig. 2 (a) Sequenza Originale (b) Sequenza Intermedia (Threshold) (c) Sequenza Finale

l'evento ripreso dalla telecamera puntata sul cratere di emissione nell'istante in cui si verifica (Etna, 30-09-1998), mentre il monitor di sinistra visualizza la corrispondente immagine elaborata in tempo reale.

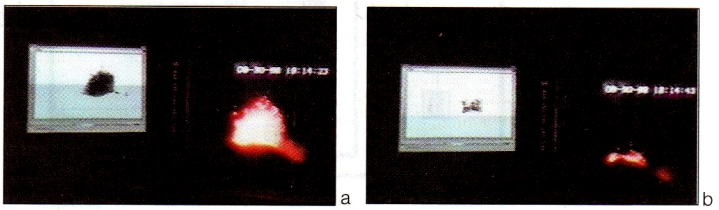


Fig. 3 (a) Fase di Monitoraggio del VAMOS, 09-30-1998, Orario 18:14:23 (b) Orario 18:14:43

2.2. Classificazione degli eventi riconosciuti

Come già accennato, un altro degli obiettivi che si desidera perseguire mediante il VAMOS è quello della elaborazione delle immagini agli eventi riconosciuti, al fine di estrarre informazioni di carattere qualitativo e quantitativo.

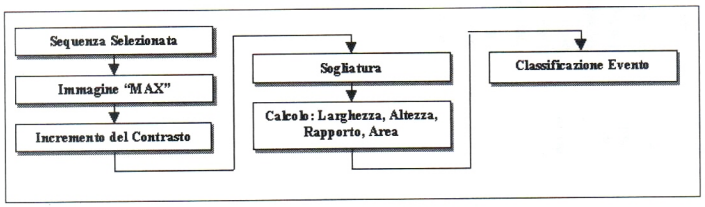


Fig. 4 Schema a blocchi dell'algoritmo di classificazione

Questo aspetto è ancora in fase di realizzazione e per il momento si limita alla estrazione di alcune informazioni di carattere geometrico quali ad es. la distinzione tra un'esplosione non direzionale ed una direzionale, l'area interessata dalla stessa, ecc. In Fig. 4 è mostrato lo schema a blocchi dell'algoritmo di classificazione implementato.

Utilizzando la sequenza selezionata dal trigger, già digitalizzata, viene quindi costruita una nuova immagine, denominata "ImageMax".

Con questo procedimento è possibile ottenere in un singolo fotogramma l'intera evoluzione geometrica dell'evento, che pertanto potrà essere esaminato nella sua globalità.

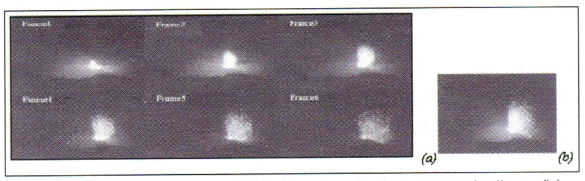


Fig. 5 (a) Sequenza "triggerata" di un'esplosione stromboliana (b) Immagine "ImageMax"

In Fig. 5 (a) viene mostrata una sequenza composta da 6 fotogrammi rappresentante un'esplosione di tipo stromboliano; in Fig. 5 (b) è riportata la relativa "ImageMax". Il passo successivo è finalizzato all'incremento del contrasto nell'immagine con lo scopo di meglio delimitare i contorni dell'esplosione rispetto ai bagliori originati dalla stessa. Lo step successivo consiste in un'operazione di sogliatura finalizzata a rendere binaria l'immagine (evento bianco su sfondo nero o viceversa).

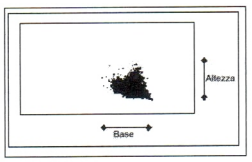


Fig. 6 Estrapolazione dei parametri geometrici dall'immagine

Dalle immagini binarie vengono ricavati valori dell'area "A" (numero dei pixel neri), altezza e larghezza dell'evento, come mostrato in Fig. 6. I parametri geometrici permettono di discriminare il tipo di esplosione secondo una classificazione ampiamente utilizzata dai vulcanologi.

2.3. Limiti del Sistema

I limiti maggiori del sistema sono legati essenzialmente al tipo di telecamera utilizzato in fase di acquisizione delle immagini ed alle potenzialità degli strumenti di calcolo per l'elaborazione delle immagini acquisite.

Nel primo caso condizioni meteorologiche sfavorevoli, quali ad esempio la interposizione di nuvole o nebbia, o la presenza di vapore prodotto dai crateri tra telecamera e target, limitano le visibilità dei fenomeni; tuttavia questi problemi verranno presto superati utilizzando delle telecamere termiche.

3. Validazione del sistema di rilevamento

Il funzionamento del VAMOS è stato testato preliminarmente, sia per quanto riguarda la fase di trigger sia per la fase di classificazione.

I test effettuati per provare il corretto funzionamento del trigger sono stati effettuati prendendo in considerazione sia l'attività dell'Etna che quella di Stromboli.

Gli eventi monitorati rappresentano esplosioni di tipo stromboliano, fontane di lava, ecc. La tabella 2 mostra i risultati di uno dei test effettuati, relativo all'Etna, su un'attività parossistica che copre un arco di tempo di circa due ore. Si osservi come il numero di eventi effettivi sia superiore a quello degli eventi segnalati. Ciò si verifica per le motivazioni esposte nella sezione 2.3.

In Fig. 7 viene mostrato il grafico ottenuto dagli eventi rilevati durante il test di cui sopra. La scala utilizzata è di tipo semilogaritmico; "A" rappresenta il numero di pixel (neri) contenuti nei frame finali, mentre Th è la soglia prescelta per la discriminazione della presenza di un evento. Nel caso in esame tale valore è stato di 8 pixel. Con il simbolo "+" è rappresentato l'istante in cui effettivamente si è verificato un evento.

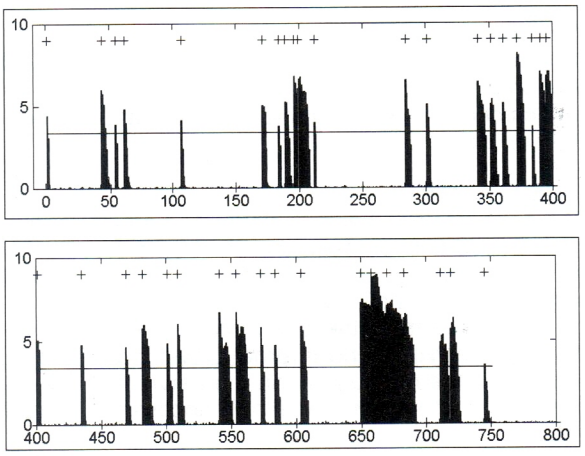


Fig. 7 Funzionamento dell'operazione di trigger

Il classificatore è stato testato su dati, scelti in modo uniforme tra le varie categorie di eventi, contenuti nelle videocassette relative all'attività di Stromboli nella notte tra il 14 e 15 giugno 1996. I risultati del test sono mostrati in Tabella 3. La classificazione di un evento da parte del VAMOS è stata giudicata corretta se corrispondente a quella precedentemente effettuata da un operatore esperto [4].

CONCLUSIONI

Il sistema proposto denominato VAMOS, è un sistema HW/SW per il monitoraggio visivo automatico dei vulcani attivi ed è stato ideato ponendosi come riferimento un problema reale che è quello del monitoraggio dell'attività dei due maggiori vulcani dell'Italia meridionale.

L'obiettivo principale che ci si è posti è stato quello di rendere automatica ed efficiente un'operazione che richiedeva notevole dispendio di risorse umane. Il sistema VAMOS ha mostrato di poter risolvere sia le problematiche inerenti i costi, essendo stata impiegata una strumentazione largamente accessibile sul mercato, che i tempi propri delle operazioni di monitoraggio.

Bibliografia

[1] McGuire B., Kilburn C.R.J., Murray J., Editors, (1995): *Monitoring Active Volcanoes*. UCL Press, London, 421 pp.

[2] Coltelli, M. (1997); *Video stations network of the Sicilian active volcanoes: a tool to improve the surveillance of the eruptive activity*. IAVCEI-General Assembly, abstracts book, Puerto Vallarta, Mexico, 88.

[3] Bertucco L., Coltelli M., Nunnari G., Occhipinti L., (1999): *Cellular Neural Network for Real-Time Monitoring of Volcanic Activity.* Computer & Geosciences, 25, 2, 1999, pp. 101-117..

[4] Coltelli M. and Cristaldi A. (1999): *Middle-term eruptive dynamics at Stromboli inferred from the analysis of June-October 1996 surveillance camera records*. Submitted to Geophysical Res. Ltrs.

Prodotti utilizzati
LabVIEW, IMAQ