

ARFANG

VALANGHE SOTTO BUONA SORVEGLIANZA

Nella località di Bonneval-sur-Arc dal 1999 è in uso ARFANG, un sistema per il rilevamento automatico della caduta di valanghe. Al verificarsi di una valanga in uno dei 16 settori del sito controllati dal sistema, Arfang invia immediatamente l'informazione ai responsabili locali della sicurezza, via SMS, fax o e-mail. Per giungere ad un livello ottimale di operatività e di affidabilità, nel corso di questi quattro anni sono stati apportati numerosi miglioramenti: migliorie tecniche, ottimizzazione dell'algoritmo di riconoscimento, ottimizzazione dei sensori. L'articolo delinea le finalità del sistema, fa il punto sulle sue prestazioni e presenta gli usi potenziali futuri. Dal punto di vista della protezione dei demani sciabili e delle vie di comunicazione, Arfang sarà interessante per quei siti ove la conoscenza dell'attività valanghiva è condizione indispensabile per l'assunzione di decisioni riguardanti la sicurezza. Da un punto di vista scientifico Arfang è interessante sia come strumento per migliorare la conoscenza generale nel campo della neve e delle valanghe, sia per il miglioramento della rete di osservazione.

INTRODUZIONE

La conoscenza dell'attività valanghiva è un'informazione preziosa per il previsore e per il responsabile della sicurezza. Tale conoscenza si basa attualmente sulle osservazioni fatte dai rilevatori che sono difficili o impossibili di notte, con tempo brutto o in settori posti al di fuori del campo di visuale. A Bonneval-sur-Arc (Savoia, Francia) è in prova dal 1999 Arfang, un sistema per il rilevamento automatico della caduta di valanghe. Si tratta della prima versione di un sistema integrato, installato a livello di prova nell'ottica di una validazione operativa. Ogni qual volta cade una valanga in uno dei colatoi del sito, su entrambe le sponde del fiume Arc, Arfang invia un messaggio SMS ai cellulari dei responsabili della sicurezza dell'area (o un fax o una e-mail). Per giungere ad un livello d'operatività e d'affidabilità apprezzabile dagli utenti,

numerosi miglioramenti sono stati apportati al sistema nel corso degli ultimi tre anni. L'articolo tratta dello scopo del sistema, fa il punto sulle prestazioni dello stesso e presenta i potenziali usi futuri.

SCOPO DEL SISTEMA

Scopo di un sistema di rilevamento delle valanghe del genere di Arfang è quello di originare automaticamente, al verificarsi di una valanga, un'informazione del tipo "data, ora, settore, grandezza" e di inviarla in tempo reale agli utenti. A differenza dei sistemi che controllano singoli colatoi, un sistema "a lunga portata" deve permettere, partendo da una posizione centralizzata, la copertura di una molteplicità di percorsi valanghivi.

In pratica questo sistema può essere utilizzato:

- per segnalare l'inizio di un picco di attività valanghiva in caso

di cattive condizioni di visibilità (segnalazione del possibile verificarsi di parecchie valanghe nell'arco di qualche ora)

- per confermare il verificarsi di una particolare valanga in un settore, precisando l'ora esatta per potere, ad esempio, prendere una decisione circa la riapertura di una strada in scarse condizioni di visibilità

- per confermare (o negare) l'esito di un distacco artificiale

- per diminuire, eventualmente, il tempo di allerta in una stazione, quando ci si trovi a gestire un settore con visibilità pessima.

D'altro canto il riconoscimento automatico delle valanghe è un mezzo per migliorare, alla fin fine, la rete di osservazione, ad integrazione delle osservazioni dei rilevatori. Con l'evoluzione dei mezzi di comunicazione si può altresì immaginare che la diffusione automatica dell'informazione sull'attività valanghiva

Eric Van Lancker e Vincent Chritin

IAV Engineering PSE/B-EPFL,
CH - 1015 Lausanne (Svizzera)

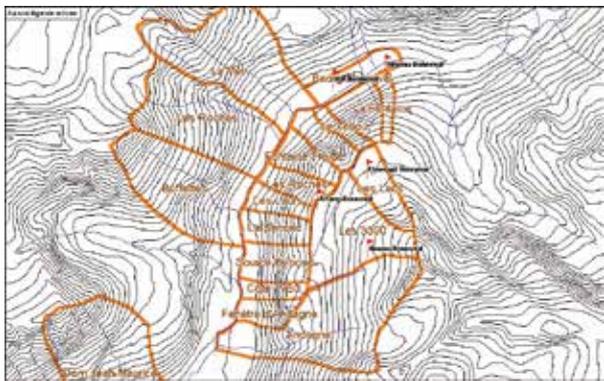


Fig. 1: Settori di rilevamento delle valanghe a Bonneval-sur-Arc

Fig. 2: Sensore Arfang a Bonneval-sur-Arc

Fig. 3: Firma acustica di una piccola valanga ad una distanza di 4 km, verificatasi il 19/01/2001, alle ore 09.51 nel settore "Dom Jean Maurice", con un distacco stimato di m 0.5, una larghezza di circa m 200 e un dislivello di circa m 400

possa costituire un giorno un utile servizio per il pubblico, alla pari, ad esempio, delle carte dei temporali diffuse dal Servizio meteorologico. Al giorno d'oggi i soli sistemi noti di riconoscimento automatico delle valanghe a distanza sono quelli basati rispettivamente sull'analisi delle onde acustiche (infrasuoni o suoni di frequenza inferiore a circa 16 Hz) che si propagano nell'aria) e quelli basati sul rilevamento delle onde sismiche, due tipi di onde generate dallo scorrimento delle valanghe e che si propagano per parecchi chilometri.



STADIO DI SVILUPPO DEL SISTEMA ARFANG

Parecchi prototipi del sistema Arfang sono stati sviluppati e provati ad Anzère (Vallese, Svizzera) tra il 1994 e il 1997 (v. Neige et Avalanches, n° 78, giugno 1997). Nel 1999 una prima versione integrata è stata installata a Bonneval-sur-Arc, per il controllo dei 16 settori del sito (v. fig. 1), in vista del miglioramento previsto a breve della sicurezza della strada dipartimentale 902 tra il villaggio e Bessans.

La configurazione del sistema a Bonneval-sur-Arc, con i suoi quattro sensori (v. fig. 2), prefigura fedelmente quella che sarà la versione industriale del sistema.

PORTATA DEL SISTEMA

La portata di Arfang dipende da due fattori:

- la rumorosità infrasonora della valanga, a sua volta funzione del tipo e del volume di neve messa in movimento dalla valanga, della velocità di scorrimento e delle caratteristiche topografiche;
- le condizioni di propagazione del segnale tra valanga e Arfang, e il rumore infrasonoro di fondo, che dipendono dai rilievi presenti tra valanga e sistema, dalle condizioni meteorologiche e dalle fonti infrasonore parassite, anche lontane.

Le condizioni ottimali per il riconoscimento delle valanghe si hanno dunque con valanghe dal livello di emissione elevato, con propagazione diretta (assenza di rilievi tra la valanga e i sensori che mascherino il segnale) e con vento debole (le altre condizioni meteorologiche non influiscono significativamente sulla portata del sistema). Durante l'inverno 2000/2001, a Bonneval-sur-Arc, Arfang ha confermato, in siffatte condizioni, una valanga di pic-

cole dimensioni, osservata da un pisteur, che si era verificata sul versante opposto, ad una distanza di circa 4 chilometri.

Nelle condizioni di rilevamento peggiori, la portata del sistema rimane nell'ordine di 5 km per le valanghe di grandi dimensioni, ma diminuisce per le valanghe di piccole dimensioni.

LOCALIZZAZIONE E PRECISIONE DELLA LOCALIZZAZIONE

Per localizzare le valanghe, Arfang determina la direzione di provenienza delle onde sonore basandosi sugli sfalsamenti temporali di arrivo degli infrasuoni su ciascuno dei quattro sensori che costituiscono il sistema, ripartiti sul terreno entro un raggio di 30 m (vedi fig. 4).

Il sistema valuta in tempo reale le direzioni ottenute, le compara con gli azimut dei settori predefiniti d'intesa con i gestori del sito e decide di non tenere in conto l'evento sia qualora esso si verifichi fuori dai settori, sia qualora l'evento venga considerato troppo lontano (angolo d'incidenza dei suoni troppo stretto). In caso contrario, l'evento viene analizzato con criteri supplementari di riconoscimento della firma acustica (in particolare la ripartizione dell'energia per classi di frequenza e la durata del segnale) e, se del caso, lo classifica come valanga in un determinato settore. L'angolo di incidenza dell'onda è determinato sul piano orizzontale con una precisione di $\pm 1^\circ$. Considerando gli effetti della variazione di incidenza legati al rilievo locale, ai profili di temperatura dell'aria e alla velocità del vento, la precisione globale della localizzazione azimutale è di $\pm 2^\circ$, che comporta un arco di 350 m alla distanza di 5 km. In definitiva, la scelta del sito di installazione del sistema

è più importante della precisione angolare del sistema stesso: la prassi è di scegliere un posizionamento centrale che permetta una buona discriminazione angolare dei colatoi da sorvegliare. In particolare è meglio evitare localizzazioni che leggano più colatoi in allineamento, a meno di accontentarsi di un'informazione più scarna, e cioè che un evento si è verificato su uno qualsiasi dei colatoi monitorati. A Bonneval-sur-Arc, per esempio, Arfang è stato installato al centro del sito, per massimizzare la discriminazione angolare sia dei colatoi in sponda destra dell'Arc che di quelli in sponda sinistra lungo un tratto di strada di 4 chilometri.

INDICE DI GRANDEZZA DELLE VALANGHE

Per fornire un'indicazione circa la grandezza della valanga, l'apparecchio si basa sul criterio della durata dell'evento (grandezza della firma) e sulla ripartizione frequenziale dell'energia infrasonora (c'è più energia in bassa frequenza nel caso di grandi valanghe). L'esperienza acquisita con parecchie centinaia di rilevamenti, corroborati da osservazioni, indica che è possibile un classamento automatico su tre classi di grandezza.

POSSIBILITÀ DI FALSI ALLARMI

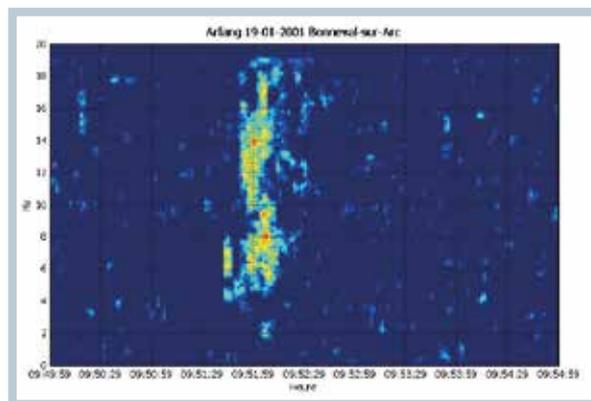
Una pratica di più di 10 anni ha consentito di identificare la maggior parte del rumore di fondo infrasonoro, che quindi non può più interferire col sistema, e ciò indipendentemente dal sito considerato. Le sorgenti infrasonore parassite propriamente dette, legate ad attività umane (aerei, industrie pesanti, ecc.) o naturali (temporali, trombe d'aria, ecc.) sono filtrate sulla base di un criterio di riconoscimento della firma acustica e della localizza-

zione. Per esempio, tutti gli eventi che si presentino con un angolo di incidenza più stretto dell'angolo minimo possibile per una piccola valanga che si verifichi ai limiti del sito sotto controllo, vengono automaticamente eliminati.

EFFETTO DEL VENTO

Senza essere, in senso stretto, una fonte di infrasuoni, il vento produce localmente sui sensori degli infrasuoni parassiti che potrebbero mascherare segnali deboli di valanga (valanghe piccole o valanghe lontane). Con vento forte, l'aumento del rumore ambientale sui sensori assorda progressivamente il sistema. Per ovviare a tale inconveniente, sono stati apportati al sistema due miglioramenti importanti:

- per prima cosa, l'aggiunta di silenziatori integrati all'ingresso del suono nei sensori, basati su un principio di resistenze acustiche che permettono di riportare la presa del suono a filo del livello del manto nevoso (cioè una zona dove le velocità del vento sono in media meno elevate che a qualche metro al di sopra del suolo);



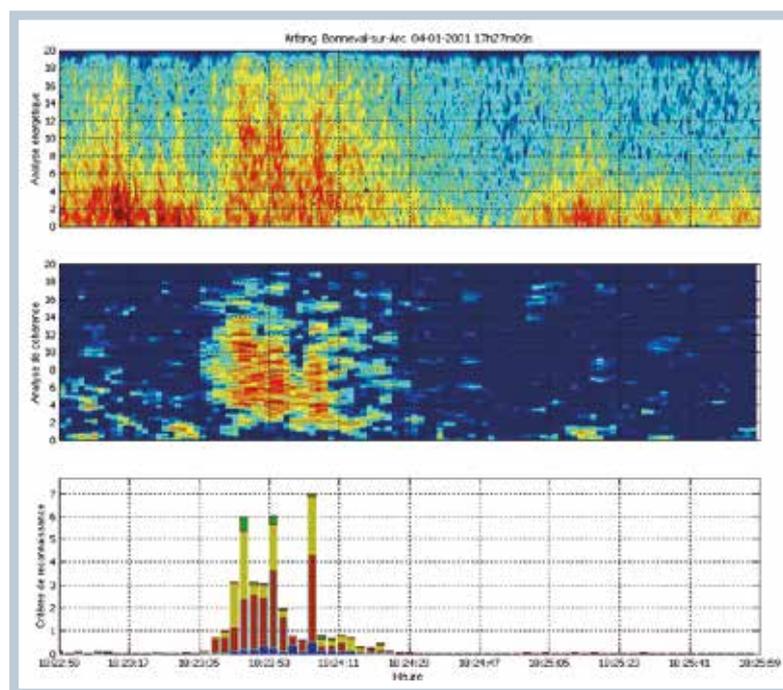
- in secondo luogo, una tecnica di filtraggio numerico detta di coerenza (v. fig. 5), basata sul fatto che le componenti infrasonore causate dal vento su ciascun sensore non sono affatto correlate fra di loro (sfregamento aerodinamico), mentre quelle delle valanghe lo sono (onda di propagazione). A questi due soluzioni si aggiunge la possibilità di scegliere un sito di installazione al riparo dal vento.

RISULTATI INVERNO 2000-2001 E 2001-2002

Durante l'inverno 2000-2001, su un periodo di prova operativo di 119 giorni, Arfang ha funzionato al pieno della sua capacità di analisi per 95 giorni, vale a

Fig. 4: Disposizione sul terreno dei quattro sensori Arfang (colonne nere), con una distanza di 30 metri di tre sensori rispetto al sensore centrale

Fig. 5: Risultati del filtraggio numerico: in alto, l'analisi energetica grezza del segnale fornito da un sensore; in mezzo il risultato del calcolo di coerenza che ha fatto uscire dal segnale grezzo, tra le ore 16.23'35" e le ore 16.24'11", una tacca oblunga, caratteristica dell'infrasuono da valanga; in basso i criteri di riconoscimento automatico che emergono in concomitanza di una valanga



dire l'80% del tempo, coprendo un raggio medio di 5 km, sull'ordine, quindi, del centinaio di km².

Durante questo periodo sono state registrate dal sistema 140 valanghe, contro 26 osservazioni dirette alle quali vanno aggiunte 58 osservazioni di tracce o di depositi effettuate dopo l'evento. Questa considerevole carenza di osservazioni tradisce il fatto che, a dispetto di un notevole impegno da parte dei rilevatori

sul posto, si stima essere la copertura a vista solo il 20% del tempo totale, tenendo in considerazione solo le ore del giorno con buona visibilità e con presenza degli osservatori, ricordando infine che la copertura è di soli 10 km² (settore in sponda destra dell'Arc in vista diretta dal posto di osservazione).

A causa del vento 8 valanghe osservate non sono state rilevate dal sistema e, al contrario, due rilevamenti classificati come

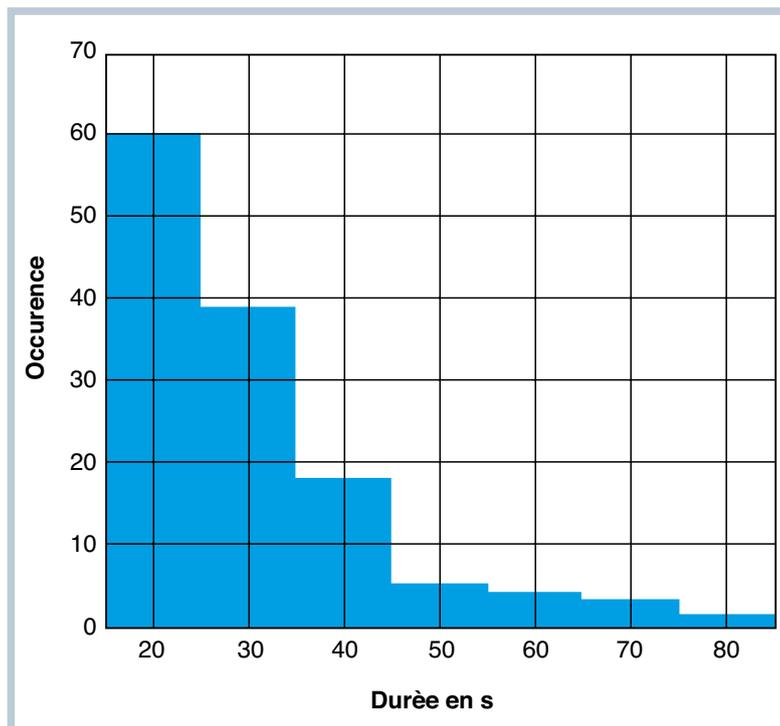
valanga si sono rivelati, dopo verifica, falsi allarmi. La durata media delle valanghe rilevate, calcolata su 140 casi, è di 30 secondi; da un lato si situano le più piccole valanghe rilevate, di durata intorno ai quindici secondi, e dall'altro quelle di grandi dimensioni il cui segnale infrasonoro oltrepassava il minuto [Fig. 6]. Durante l'inverno 2001-2002 il funzionamento del sistema è stata ancora migliore.

È stato osservato che le valanghe di grandi dimensioni si verificano in genere durante o subito dopo un aumento consistente del numero di valanghe rilevate, osservazione che vale la pena d'essere verificata su più stagioni e che potrebbe, col tempo, costituire un utile indicatore di pericolo.

PROSPETTIVE OPERATIVE

Sicuramente Arfang amplia considerevolmente la copertura temporale e spaziale di valutazione dell'attività valanghiva di un sito. In particolare, si è notato che per effetto della sua copertura estesa l'apparecchio fornisce una buona indicazione dei picchi d'attività valanghiva.

Fig. 6: Istogramma della durata delle immissioni acustiche da valanga durante l'inverno 2000/2001 a Bonneval-sur-Arc (totale: 140 valanghe)





LÖFFEL



Triangolo LÖFFEL



Arbalett

In armonia con la Natura
La natura, musa ispiratrice delle nostre creazioni per l'arredo urbano.



LASAR



Elemento consolidatore



Elemento antierosione

Modelli di barriera per la protezione dei versanti
In relazione a neve, terreno, ghiaia, acqua.



betonform
QUALITÀ D'ALTA QUALITÀ

Per ulteriori informazioni, rivolgetevi senza impegno ai nostri tecnici:
Betonform S.r.l.
Stabilimento GATS - Zona Industriale, 3
39130 Gine (BZ) - Tel. 0474 504180
Fax 0474 504417 - info@betonform.it
Stabilimento MEDISANO - Loc. Brozzoli
27 - 43014 Medesano (PR)
Tel. 0525 420 549 - Fax 0525 420 029
informazioni@betonform.it - www.betonform.it

