

L'obiettivo di questo modello è di illustrare come un GIS possa essere usato come una piattaforma per raccogliere, immagazzinare e analizzare i vari tipi di fattori che influenzano le valanghe, fino all'individuazione di particolari scenari di rischio ipotizzabili.

Studio S.G.N.

Dott.geol. Aldo BARIFFI

Fr. Bonzeno 48

23822 Bellano L

1 - PREMESSA

Un GIS è un software concepito per la raccolta e l'analisi degli oggetti e dei fenomeni, dove l'ubicazione geografica è un'importante caratteristica in grado di influenzare l'analisi.

Ugualmente, le tecniche di previsione convenzionale del rischio valanga sono basate sull'analisi dei fattori di controllo del rischio e sulle relative correlazioni spaziali.

L'obiettivo di questo modello è di illustrare come un GIS possa essere usato come una piattaforma per raccogliere, immagazzinare e analizzare i vari tipi di fattori che influenzano le valanghe, fino all'individuazione di particolari scenari di rischio ipotizzabili.

Nel caso specifico, i fattori di rischio legati all'ambito meteorologico sono inseriti in un opportuno database, dove essi sono catalogati in funzione del tipo di rischio e in ordine cronologico.

Questi dati meteorologici sono combinati con le osservazioni nivologiche alla scala locale, con lo scopo di determinare la distribuzione spaziale degli orizzonti pericolosi all'interno del manto nevoso.

La distribuzione degli orizzonti pericolosi è quindi rapportata alle condizioni morfologiche e topografiche che controllano la stabilità del manto nevoso (inclinazione dei versanti, vegetazione, distacchi di valanga osservati e/o testimoniati).

L'esempio di previsione esamina le correlazioni esistenti tra questi fattori in presenza di orizzonti destabilizzanti interni al manto nevoso, registrati in due diverse date: 21 febbraio 2001 (previsione depositi da vento) e 25-28 marzo 2001 (croste di rigelo).

La previsione del modello è stata fatta rispettivamente per il 22 febbraio 2001 e per il 31 marzo 2001.

La zona considerata per una prima sperimentazione italiana del modello è stata la Mottolino skiarea di Livigno, la cui Società ha supportato l'acquisizione dei dati meteorologici e la logistica degli accessi in quota

In quest'occasione si ringrazia pertanto la Società Mottolino SpA per l'interesse e la disponibilità dimostrate.

2 - I GIS NEL CONTESTO DELLA PREVISIONE VALANGHE

I GIS sono usati in un'ampia varietà di applicazioni per analizzare il mondo reale attraverso le sue molte componenti spaziali. I fattori che influenzano il rischio di valanga possono essere descritti spazialmente e possono essere divisi secondo le tabelle illustrate di seguito.

Tab. 1

FATTORI DI CONTROLLO DEL RISCHIO DI VALANGA

DIPENDENTE DAL TEMPO	INDIPENDENTE DAL TEMPO
Fattori meteorologici (classe 3)	Fattori di stabilità (classe 1) (topografia e morfologia del terreno)
Fattori del manto nevoso (classe 2)	

C'è anche una sequenza previsionale e predisponente dell'evento valanghivo 3-2-1.

Tab.2

FATTORI CHE INFLUENZANO IL RISCHIO VALANGA E CARATTERISTICHE

CLASSE	FATTORI DI INFLUENZA	TIPO	ESEMPI	CRITERI	DATI	DIPENDENZA METEO (grado)	VARIABILE TEMPORALE
3	Meteo	Passato/ Presente/ Previsionale	1)Vento 2)Temperatura 3)Precipitazioni Densità	1)>25km/h 2)variazioni rapide (+/-) 3)>3 cm/h	Storici Attuali Previsti	Si (esplicito)	Oraria e giornaliera
2	Manto nevoso	Nuova neve	Cornici Neve bagnata Sovraccarichi	Orientaz. al vento Orientaz. al sole Spessore livelli e rapido aumento di T°	Osservaz. meteo Previsioni Profili Test di stabilità	Si (alto)	Oraria e giornaliera
2	Manto nevoso	Instabilità Persistente	Brina di superficie Brina di fondo Croste	Cristalli (tipo e dimensione) Temperatura Gradiente	Profili Test di stabilità Osservaz. meteo	Si (moderato)	Giornaliera e settimanale
1	Stabilità	Topologica	Pendenza	>50%	Oss. di campagna Mappe Conoscenza locale	No	Annuale
1	Stabilità	Terreno	1)Ancoraggi 2)Suolo 3)Distacchi segnalati	1)bosco maturo 2)roccia, detrito, erba 3)punti deboli	Oss. di campagna Mappe Conoscenza locale	No	Stagionale

Tab.3

FATTORI CHE INFLUENZANO IL RISCHIO DI VALANGA E RIMEDI

FATTORI DI INFLUENZA	NATURA DATO	RILEVANZA	SCALA	RISOLUZIONE	RISPOSTA	SOLUZIONI
Meteorologici	Quantitativo	Indiretta	Meso	Catena/valle	Futuro	Supervisione generale
Manto nevoso	Qualitativo	Semi-diretta	Meso	Settore	Immediato futuro	Piani di intervento
Stabilità (topologici e terreno)	Obiettivo/ soggettivo	Diretta	Micro	Versante	Presente	Vado/non vado

Dal momento che i fattori che influenzano il manto nevoso dipendono dalle condizioni meteorologiche e visto che, al contrario della maggior parte delle condizioni meteorologiche, essi possono essere descritti spazialmente, la loro distribuzione può essere derivata dando un set di

condizioni meteorologiche iniziali. I fattori legati al manto nevoso possono, inoltre, essere combinati con le condizioni del terreno per descrivere spazialmente il rischio valanga per una particolare situazione meteorologica data.

L'obiettivo di questo modello è di illustrare come un GIS possa essere usato dall'industria dello sci (fuoripista, scialpinismo, sciescurionimo), come piattaforma per raccogliere, immagazzinare e analizzare i vari tipi di fattori che influenzano il distacco di valanga.

Idealmente, la struttura di questo modello sarebbe interattiva. In questo modo, l'utilizzatore potrebbe facilmente combinare vari livelli per descrivere spazialmente la distribuzione dei diversi tipi di rischio.

In questo modello, ciò è mostrato attraverso l'uso di un database nel quale sono contenuti i dati relativi al manto nevoso (rilievi sul terreno), classificati per località.

I dati meteorologici sono inseriti nel database secondo un ordine cronologico e descritti spazialmente, in relazione alle possibili trasformazioni che inducono nel manto nevoso.

La distribuzione spaziale a scala locale dei livelli deboli all'interno del manto nevoso può essere implicitamente determinata basandosi sulla quota e esposizione dei versanti, esplicitamente derivata dall'ubicazione dei punti di misura. La distribuzione di eventuali livelli fragili può poi essere combinata con le rispettive condizioni topografiche, morfologiche e vegetazionali per descrivere il rischio di valanga per ogni possibile situazione meteorologica del passato, del presente o del futuro.

Occorre notare che l'obiettivo di questo modello non è quantificare la probabilità che si verifichi un determinato evento valanghivo (ciò è fattibile attraverso l'impiego di sistemi di intelligenza artificiale), ma mira ad ottimizzare la sequenza previsionale 3-2-1, attraverso l'esame della distribuzione spaziale di ogni fattore che può influenzare il rischio di valanga.

La **tabella 4** mostra il modo di raccogliere e archiviare i fattori di rischio legati alla neve e alle condizioni topologiche e di terreno.

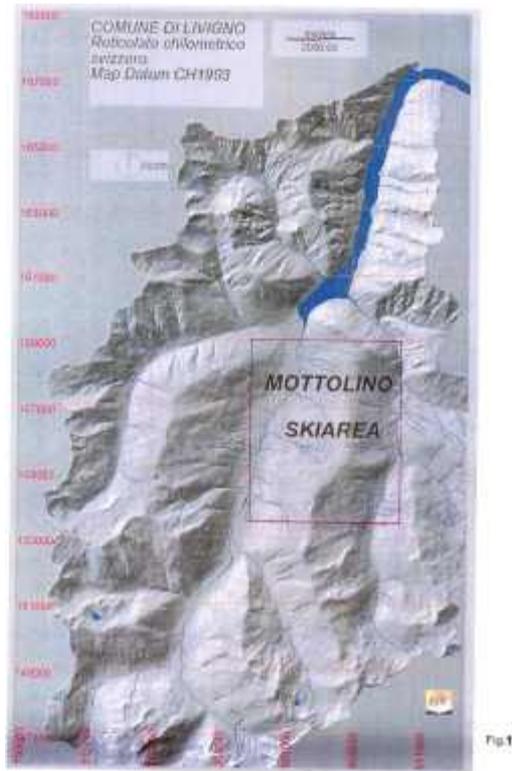
Tab.4

RACCOLTA DATI DEL MANTO NEVOSO, TOPOGRAFICI E VEGETAZIONALI

FATTORI DI INFLUENZA	TIPO	ESEMPI	QUADRO METEO	DIPENDENZA METEO	VARIABILE TEMPORALE	DATI	VARIABILI SPAZIALI (INPUT)	SUPPORTO DI STOCCAGGIO
Manto nevoso	Nuova neve	Cornici Sovraccarico	Previsionale	Si (alta)	Oraria/ giornaliera	Previsioni meteo	Esposizione Quota	Database
Manto nevoso	Instabilità persistente	Brina e croste	Pregresso	Si (moderata.)	Giornaliera/ Settimanale	Profili Test di stabilità Valanghe osservate	Esposizione Quota	Database
Topologici	Pendenza	Zone di distacco, scorrim. e arresto		No	Annuale	Digital elevation model (DEM)	Topografia (isoipse)	DEM
Terreno	Distribuzione ancoraggi della neve. Dati relativi alle valanghe osservate	Bosco maturo Zone di debolezza (cambi di pendenza)		No	Stagionale	Immagini. Classificaz. e descrizione valanghe osservate	A video	Immagini

3 - AREA DI STUDIO E DATI UTILIZZATI

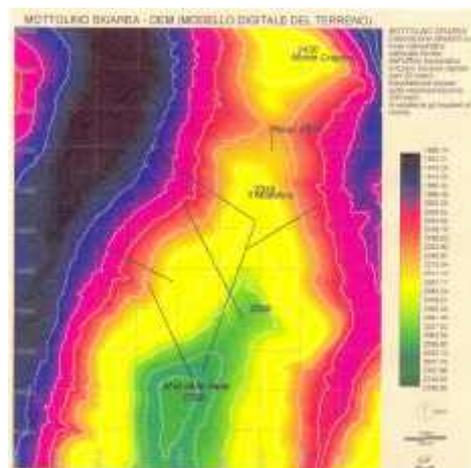
Nella **Fig. 1** è presentata l'area di studio. Si tratta di un'immagine ricavata sfruttando la potenzialità degli strumenti GIS.



In sostanza il lavoro più lungo e tedioso di un GIS è l'informatizzazione dei dati vettoriali riferiti alle isoipse, in modo da ricavare il modello digitale del terreno. In Italia questi dati vettoriali non sono ancora disponibili ad una scala sufficientemente dettagliata, così, nel caso specifico, vista la vicinanza con il territorio elvetico, tali dati sono stati richiesti all'Ufficio topografico svizzero.

I dati vettoriali di ogni isoipsa con equidistanza 20 m, sono così stati acquisiti direttamente e successivamente elaborati.

Nella **Fig.2** è presentata la DEM (Digital Elevation Model), con risoluzione 5 metri.



E' stato quindi costituito un database per lo stoccaggio dei dati relativi al manto nevoso, sui quali si basa questo modello. In particolare essi sono:

- 21 febbraio 2001 accumuli da vento e scenario di rischio;
- 25-28 marzo 2001 livelli di crosta superficiale di rigelo;
- 30 marzo 2001 nuova neve;
- 31 marzo 2001 scenario di rischio.

Il GIS utilizzato per questo modello è IDRISI32 per windows.

3.1 — DATI METEOROLOGICI

La storia meteorologica pregressa e le previsioni sono state ampiamente semplificate; lo scopo è comunque quello di mostrare come i fattori meteorologici possono essere correlati ai dati relativi al manto nevoso registrati nel data base del GIS, per identificare la variazione spaziale di un particolare tipo di rischio legato all'instabilità del manto nevoso.

I dati elaborati dal modello e la relativa previsione spaziale sono riferiti alle giornate del 22 febbraio 2001 e al 31 marzo 2001.

Il testo in parentesi e corsivo mostra il rischio legato al manto nevoso per ogni condizione meteo considerata;

Il fattore di rischio legato al sovraccarico della nuova neve del 30 marzo, è stato considerato come elemento di rischio, dovuto al nuovo peso che prende posto sopra delle condizioni preesistenti di instabilità e perciò non è considerato come un rischio diretto.

Storia:

- Dal 18 febbraio al 23 febbraio circa si instaura sulla regione una corrente occidentale relativamente umida che determina accumuli nevosi importanti, soprattutto tra il 21 e 22 febbraio, allorquando i venti diventano forti con apporti di nuova neve. *(Diffusi e significativi accumuli da vento a tutte le quote e sui versanti sottovento).*
- Da metà marzo il sensibile innalzamento termico diurno determina la formazione di croste di rigelo fino a quote relativamente elevate; la situazione meteorologica di questo periodo è caratterizzata da una certa variabilità, con locali apporti nevosi che fanno registrare dai 30 ai 50 cm di neve fresca in data 30 marzo.

(Sovraccarichi nevosi dovuti alla nuova neve deponesi sopra croste di rigelo).

3.2 - MODELLIZZAZIONE DEL RISCHIO LEGATO ALLE CONDIZIONI DEL MANTO NEVOSO

Una volta individuati i fattori di rischio legati alla situazione meteorologica pregressa e occorsa o prevista, il passo successivo della sequenza previsionale richiede l'inserimento dei dati relativi alla classe 2 (dati del manto nevoso). Benchè i fattori meteorologici possano essere usati come un surrogato per descrivere indirettamente la distribuzione spaziale del rischio legato alle condizioni del manto nevoso, è necessaria l'acquisizione diretta, anche se puntuale, dei dati per una taratura e conferma delle variazioni spaziali alla scala locale (meso-scala). Convenzionalmente, questo viene fatto attraverso le osservazioni e misure condotte sul terreno.

Un file vettoriale è stato creato **Fig.3** per rappresentare e descrivere spazialmente la provenienza dei dati relativi al manto nevoso.



Ogni osservazione è descritta spazialmente per mezzo della quota e dell'esposizione.

La **tabella 5** è un esempio di GIS data base per classificare i fattori di rischio legati alle condizioni del manto nevoso. La previsione di stabilità che compare nel data base si riferisce al rischio ipotizzato sulla base dei dati osservati e misurati e delle previsioni attese.

Tab.5

FATTORI DI CONTROLLO RELATIVI AL MANTO NEVOSO, ALLA TOPOGRAFIA E ALLA VEGETAZIONE

TIPO DI	IDENTIFI	METEO	STRATIGRAFIA	COMMENTI	PROVENIENZA	RIFERIMENTO	CRITERI DI	STABILITA'	STABILITA'
---------	----------	-------	--------------	----------	-------------	-------------	------------	------------	------------

RISCHIO	CATORE	PREGRESSA: ATTUALE/ PREVISTA			DEI DATI	DATI	RISCHIO NELLO SPAZIO	OSSERVATA	PREVISTA
Nuova neve	0.1	Previsioni 30 mar	In relazione alla quota e all'esposizione	30/50 cm in 24 ore 0° > 1500 m. vento debole da S	Previsioni meteo	Boll. CH Ore 17:00 29 mar	1500 m sovraccarico nelle esposiz. S, SE e SW		Attività valanghiva localizzata
Instabilità superficiale persistente	1.1	Pregressa	28 mar crosta rigelo	Spessore variabile e Localmente portante	Battage e stratigrafia	1	2000/170	discreta	Debole per nuovo carico di neve
Instabilità superficiale persistente	1.1	Pregressa	28 mar crosta rigelo	Spessore variabile Localmente portante	Stratigrafia	2	2400/220	discreta	Debole per nuovo carico di neve
	0.0	Pregressa/attuale	27 mar spessore omogeneo	Manto nevoso consolidato	Stratigrafia e Blocco slitt. =6	3	2600/310	discreta	Discreta
	0.0	Pregressa/attuale	25 mar spessore omogeneo	Manto nevoso consolidato	Stratigrafia	4	2300/330	Discreta	Discreta
	0.0	Pregressa/attuale	25 mar spessore omogeneo	Manto nevoso consolidato	Stratigrafia	5	2400/020	Discreta	Discreta
	0.0	Pregressa/attuale	25 mar spessore omogeneo	Manto nevoso consolidato	Stratigrafia	6	2600/180	Discreta	Discreta
Instabilità superficiale persistente	1.1	Pregressa	25 mar crosta rigelo	Spessore variabile Localmente portante	Stratigrafia	7	2000/300	Discreta	Debole per nuovo carico di neve
Nuova neve Vento	0.1	Previsioni 21 feb	Depositi da vento previsti	20/60 cm in 48 ore 0° > 1500 m. vento forte da W	Previsioni meteo	Boll. Ore 08:00 21 feb	1500 m sovraccarico nelle esposiz. N — S - E	Discreta	Attività valanghiva localizzata e conseguente

Le osservazioni legate al manto nevoso descritte in questo data base sono classificate in base al tipo di rischio. In questo modo, la distribuzione spaziale di ogni strato nevoso a rischio considerato può essere mappata implicitamente in base alla quota e all'esposizione. Per esempio dal 25 al 28 marzo la crosta di rigelo era stata osservata nei siti di misura 1, 2 e 7. Sulla base dell'esposizione e della quota di queste osservazioni, è possibile estrapolare la distribuzione spaziale dell'orizzonte fragile relativo a queste osservazioni.

E' riconosciuto che la possibilità di estrapolare i dati relativi al manto nevoso (classe 2) sul territorio in esame circostante è un problema di campionamento.

L'eventuale applicazione di questo modello pertanto deve adottare delle regole codificate nella raccolta dei dati relativi al manto nevoso (numero rappresentativo di campionamenti, affidabilità delle misure, ecc)

3.3 - DISTRIBUZIONE SPAZIALE IMPLICITA ED ESPLICITA DEL RISCHIO LEGATO ALLA STABILITA' DEL MANTO NEVOSO

La **tabella 6** sintetizza gli intervalli espliciti ed impliciti dei livelli pericolosi del manto nevoso esaminati in questo esempio.

Viene anche descritta la regola codificata usata nel campionamento, per permettere poi l'estrapolazione spaziale dei dati.

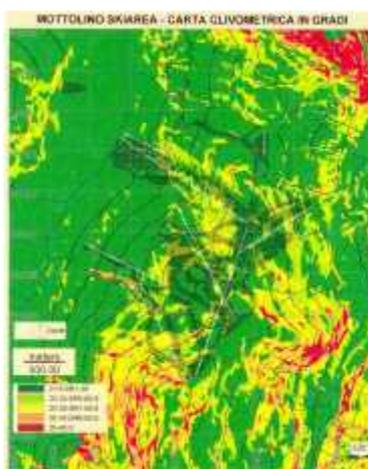
Tab. 6

INTERVALLO SPAZIALE IMPLICITO/ESPLICITO RELATIVO ALLE CARATTERISTICHE DEL MANTO NEVOSO

TIPO DI RISCHIO	IDENTIFICATORE	LIVELLI	INTERVALLO ESPLICITO DI ALTITUDINE	INTERVALLO ESPLICITO DI ESPOSIZIONE (AZIMUTH)	INTERVALLO DI CONFIDENZA	REGOLA	INTERVALLO SPAZIALE IMPLICITO
Nuova neve	0.1	30 mar sovraccarico	> 1500 m	In relaz. alla distrib delle croste di rigelo	Discreto	Stimato	> 1500 m
Instabilità persistente	1.1	25 — 28 mar crosta di rigelo	2000 - 2400	1° - 360° 170° - 220°	Medio (Modesta distribuzione dei dati)	+/- 100 m 25°	1900 — 2500 m / 1° - 360° 2500 — 2700 m / 145°-245°
Nuova neve	0.1	21 feb	> 1500 m	N - E - S	Debole	stimato	> 1500 m e 315° - 225°
Vento		accumuli da vento			(dati spaziali non specificati)		

3.4 — MODELLIZZAZIONE TOPOLOGICA DEL FATTORE DI RISCHIO LEGATO ALL'INCLINAZIONE

La classe 1 dei fattori di rischio legati alla topografia è stata ottenuta riclassificando il file delle inclinazioni espresse in gradi, ottenuto con la DEM, in 5 categorie di rischio basate appunto sull'inclinazione (**Fig.4**).



Le categorie di inclinazioni introdotte rispecchiano quelle adottate dal Canadian Avalanche Association (1 bassa, 2 moderata, 3 considerevole, 4 alta, 5 estrema).

L'inclinazione più critica è considerata quella compresa tra 35 e 46 gradi.

Normalmente le inclinazioni maggiori di 70° non vengono considerate nelle elaborazioni in quanto l'affidabilità della rappresentazione degrada al di sopra di questo valore. Occorrerebbero infatti risoluzioni della DEM estremamente elevate e tali da non giustificare l'investimento. Nel caso specifico la risoluzione adottata ha permesso comunque di riconoscere inclinazioni fino al valore di 78° circa, arrivando ad un buon compromesso di rappresentatività e gestibilità dei file.

3.5 — MODELLIZZAZIONE DEL FATTORE DI RISCHIO LEGATO ALLE CONDIZIONI DEL SUOLO

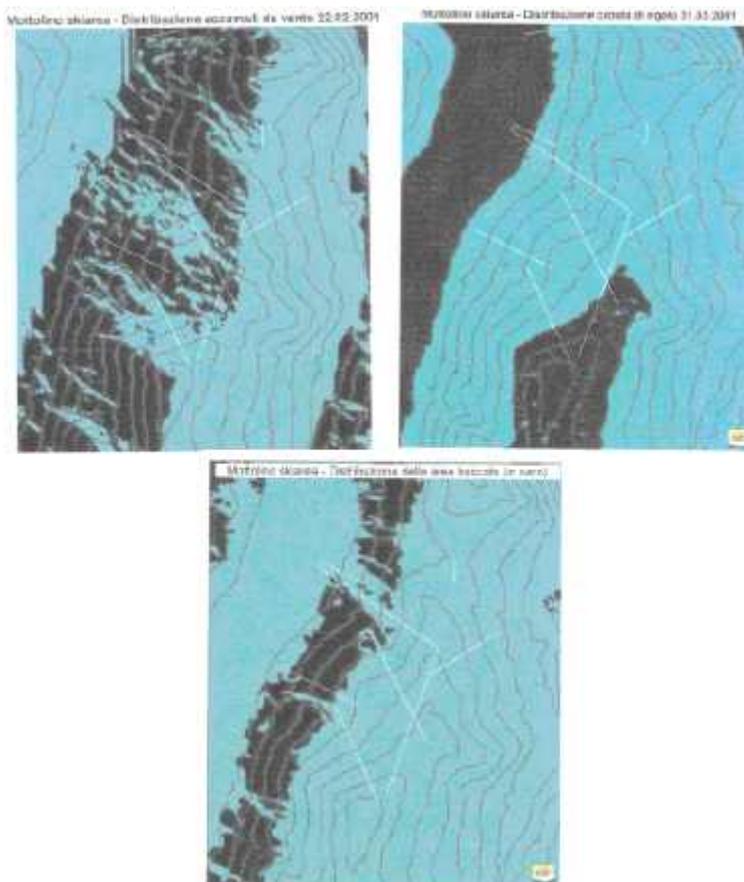
Utilizzando la base topografica in scala 1:25.000 e la C.T.R. regionale, sono stati informatizzati i dati relativi alla distribuzione delle aree boscate. La taratura è stata effettuata poi attraverso l'impiego di fotografie aeree.

L'immagine vettoriale è quindi stata rasterizzata e riclassificata, in modo da essere utilizzata nella fase successiva di overlay mapping.

4 — PREVISIONE SPAZIALE DEL RISCHIO

Le informazioni raccolte sono state quindi rappresentate spazialmente attraverso immagini raster riclassificate, assegnando il valore 1 alle zone di occorrenza dei fattori negativi e il valore 0 alle zone di assenza di fattori negativi.

Nella **Figura 5** sono rappresentati i risultati intermedi ottenuti attraverso la combinazione spaziale dei dati.



Nella **Tabella 7** sono riassunti i File spaziali utilizzati e riclassificati, mentre nella **Tabella 8** sono presentate le iterazioni per raggiungere la rappresentazione finale.

Tab. 7

FILE DI DESCRIZIONE SPAZIALE RICLASSIFICATO

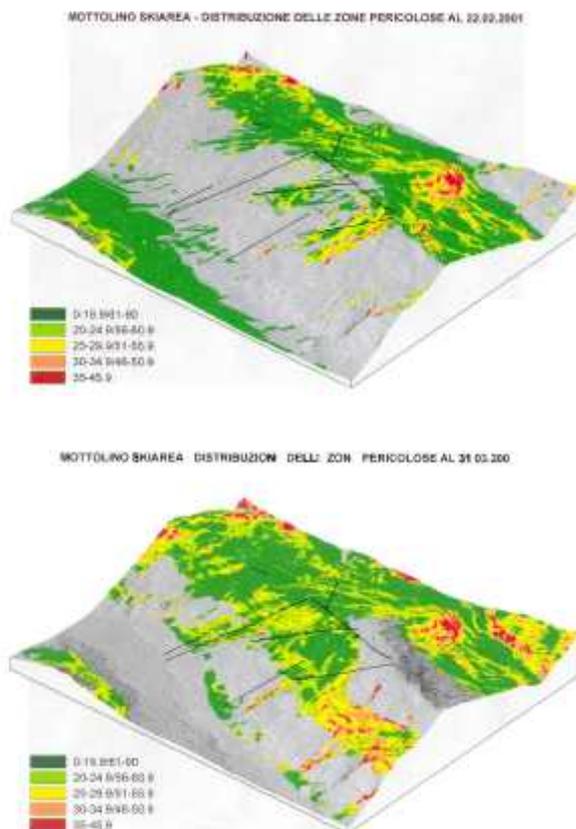
FATTORI DI INFLUENZA DEL RISCHIO VALANGA	TIPO DI RISCHIO	FILE SPAZIALE	DESCRIZIONE
Manto nevoso	Instabilità persistente superficiale	Mo0a Mo0b	Distribuzione al 31 mar della crosta pericolosa superficiale, in conseguenza del nuovo sovraccarico nevoso. (1900-2500/1°-360° e 2500-2700/145°-245°)
Manto nevoso	Nuova neve	Mo0c	Distribuzione degli accumuli da vento previsti il 22 feb. (>1500m/315-225°)
Topografia	Inclinazione del versante	Motslo1	Distribuzione dell'inclinazione dei versanti. 5 classi.
Terreno	Ancoraggi del manto nevoso	Motwood0	Distribuzione delle regioni senza boschi maturi

Tab.8

PREVISIONE SPAZIALE DEL RISCHIO

CONDIZIONI DI RISCHIO DEL MANTO NEVOSO	FILES UTILIZZATI
22 febbraio (accumuli da vento)	Mo0c/Motslo1/Motwood0
31 marzo (crosta di rigelo)	Mo0a/Mo0b/Motslo1/Motwood0

L'immagine finale di ciascuna coppia di elaborazioni è stata quindi sovrapposta al rilievo riflesso dell'area e stesa sull'orto immagine 3D della DEM (*Fig.6 e Fig.7*).



In realtà il processo di iterazione è molto più complesso, nel senso che, nel caso specifico, sono state necessarie più di 20 steps di overlay processing, per ciascuna delle 2 immagini finali ottenute.

La cosa è stata comunque automatizzata attraverso la preparazione di macro, che sono procedure automatizzate di elaborazione, molto utili nell'uso dei GIS.

In sostanza, variando l'input dei dati relativi alle misure dirette, è possibile arrivare al risultato finale attraverso un solo comando dato al computer e quindi praticamente in tempo reale.

La presente applicazione è stata condotta utilizzando un computer con 900 Mhz di clock e 256 MB di RAM. In queste condizioni l'analisi diventa agevole e richiede pochi secondi per l'esecuzione completa delle macro impostate.

Nella *Figura 8* è stata rappresentata la distribuzione delle valanghe e dei siti pericolosi dedotti dalla CLPV regionale per l'area di studio. Essa permette di confrontare la localizzazione dei fenomeni censiti con le zone di rischio individuate e con le classi di inclinazione considerate.



E' importante comunque tenere presente che i fenomeni censiti sono spesso fenomeni naturali rilevanti, mentre nella pratica dello sci si incontrano frequentemente fenomeni valanghivi provocati, arealmente poco significativi, ma ugualmente pericolosi ed estremamente localizzati. Al di sopra dell'inclinazione critica favorevole al distacco di valanga si deve quindi necessariamente considerare il concetto di pericolosità e di rischio, che sono fattori variabili nello spazio e nel tempo. Il modello proposto è appunto un esempio applicativo di tale concetto.

5 — ANALISI ULTERIORI E SVILUPPI FUTURI

Questo modello è stato proposto per la prima volta dal professor Klinkenberg presso l'Università della British Columbia in Canada.

In quell'occasione fu considerata l'area Queen Charlotte Islands, con uso di una DEM con risoluzione di 30 m e immagini da satellite per la visualizzazione della distribuzione delle foreste.

In quel contesto furono già evidenziate le prospettive di miglioramento e di potenzialità del modello, che sostanzialmente vengono riproposte nella presente sperimentazione, effettuata comunque ad una risoluzione maggiore.

L'applicazione sul campo richiede dunque necessariamente l'uso di dati nivometrici e meteorologici acquisiti in tempo reale ed eventualmente supportati da stazioni automatiche poste in zone rappresentative dell'area di studio.

Potrebbe essere inoltre opportuno l'uso di un maggior numero di fattori di controllo del rischio valanga riferiti alle condizioni del soprasuolo e ai fenomeni valanghivi pregressi, così come l'uso di test di campagna per quantificare le regole di controllo per l'ottimizzazione dei dati relativi al manto nevoso e alla loro estrapolazione.

Per quanto attiene la modellizzazione digitale del terreno, nel caso specifico sarebbe interessante, oltre che utile, approfittare della disponibilità dei dati fotogrammetrici informatizzati, con curve di livello ogni 2 metri, arrivando quindi ad una rappresentazione del territorio estremamente fedele alla realtà.

Infine l'utilizzo di software basati sull'intelligenza artificiale come supporto alla valutazione del rischio valanga legato alle condizioni meteo, rappresenterebbe una valida integrazione al sistema, nonché una procedura più oggettiva di validazione del modello.

Questo modello illustra quindi la potenzialità dei sistemi GIS nel campo della neve e delle valanghe, come mezzo per l'analisi delle componenti del rischio valanga. La flessibilità di una tale piattaforma permette di includere virtualmente ogni altro fattore di rischio. La sua applicazione nella previsione delle valanghe, nella sicurezza e nel controllo delle aree montane, anche al di fuori dei comprensori sciistici in senso stretto, deve comportare ovviamente un investimento nella tecnologia GIS, anche in termini di costo effettivo.

I risultati ottenibili tuttavia si presentano interessanti sotto il punto di vista del supporto decisionale locale, con prospettive, nel lungo periodo, di gestione controllata dell'attività legata ad esempio al fuoripista e allo sci alpinismo.

Non solo, infatti l'impiego della tecnologia GIS consente l'elaborazione cartografica con restituzione e stampa delle immagini in tempo

reale, per un impiego diretto sul terreno; si pensi ad esempio ad una cartografia locale destinata agli sciatori alpinisti, dove sono evidenziati gli itinerari "sicuri", desunti dall'analisi territoriale, privilegiando quindi tutte le pendenze al di sotto dei valori critici, nonché ogni altro fattore naturale di riduzione del pericolo di valanga.

Il ricorso a queste nuove tecnologie disponibili, che permettono l'analisi spaziale in tempo reale, con immagini di sicuro effetto visivo, rappresenta quindi certamente uno stimolo importante, per attirare e suscitare l'interesse dei fruitori della montagna verso un argomento particolare e delicato come quello delle valanghe, con benefici a lungo termine significativi per tutti.

RIFERIMENTI

1. Aronoff, Stan. Geographic Information Systems: A management Perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada. 1995.
2. Kinkenbergh — Geography 472
2. Canada Avalanche Association News.
3. Dati meteo stazione di Cancano e Mottolino Skiarea, stagione 2000/2001.