



Internationales Symposion INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

DATA MINING APPLICATO ALLA PREVISIONE DELLE VALANGHE IN PROVINCIA DI TRENTO (ITALIA)

DATA MINING APPLIED TO AVALANCHES FORECAST IN TRENTO PROVINCE (ITALY)

Paolo Scotton¹, Gabriele Stoppa²

RIASSUNTO

L'articolo propone una analisi, effettuata con le tecniche del Data Mining, dei dati raccolti nell'arco di circa vent'anni, nelle stazioni nivo-meteorologiche dell'ufficio Neve Valanghe e Meteorologia della Provincia Autonoma di Trento (Italia). In seguito ad un pesante lavoro volto a caratterizzare la qualità dei dati a disposizione, le variabili considerate sono state organizzate in gruppi ritenuti omogenei allo scopo di semplificare l'interpretazione fisica dei risultati della analisi (Blocco Geografico, Blocco Vento, Blocco Meteo, Blocco Temperature, Blocco Neve, Blocco Evento). Per ogni gruppo di variabili è stata effettuata una stima delle interrelazioni esistenti. L'articolo espone alcuni dei risultati ottenuti, ed una loro interpretazione, nel caso di stabilità e di instabilità del manto nevoso nelle zone riferite alle varie stazioni di raccolta dati.

Key words: Data Mining, Valanghe, Previsione

ABSTRACT

The article proposes an analysis of field data, gathered over roughly twenty years, at the field data stations of "Snow, Avalanches and Meteorology Office of Trento Regional Council in Italy, realized by Data Mining approach. A heavy work has been done in order to define the quality of available data warehouse. Data have been organized into groups of variables judged homogeneous in order to simplify the physical interpretation of analysis results (Geographical Block, Wind Block, Meteo Block, Temperature Block, Snow Block, Avalanche Event Block). For every variables group an estimate of interrelations has been performed. The article exposes some of the obtained results, and a physical interpretation, in case of stability and unstability of snow blanket in the areas relevant to the field data stations.

Key words: Data Mining, Avalanches, Forecast

1 Hydraulic Researcher, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Trento, Italy (Tel. +39-461-882603; Fax +39-461-882672; e_mail paolo.scotton@ing.unitn.it).

2 Statistics Researcher, Department of Computer and Management Sciences, University of Trento, Italy (Tel. +39-461-882155; Fax +39-461-882124; e_mail gabriele.stoppa@economia.unitn.it).

I DATI A DISPOSIZIONE

Lo studio è stato effettuato sui dati rilevati in 32 stazioni nivometeorologiche operanti in Trentino (Italia), di cui 22 di tipo manuale, 8 di tipo manuale e automatico ed infine 2 di tipo solo automatico (Tab. 1).

Le misure manuali sono state effettuate da personale qualificato a partire, generalmente, dal 1981. L'orario di rilievo è compreso fra le ore 7.00 e le ore 9.00 del mattino, secondo le direttive A.I.NE.VA (1990), sia per quanto concerne gli strumenti utilizzati che la metodologia del rilievo. I dati automatici sono disponibili, mediamente, a partire dal 1988.

Tab. 1: Le stazioni nivometeorologiche gestite, in Trentino, dall'Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia della Provincia Autonoma di Trento e considerate in questo studio; il tipo di dati acquisiti (A: automatico; M: manuale; M+A: automatico e manuale); le quote altimetriche delle stazioni.

Tab. 1: Snow data sampling stations run, in Trentino, by Snow, Avalanches and Meteorology Office of Trento Province and considered in the present study; Type of sampled data (A: automatic; M: manual; A+M: automatic and manual); stations elevation.

Stazione	Tipo Dati	Quota (m s.l.m.)	Stazione	Tipo Dati	Quota (m s.l.m.)
Caoria	M	925	Broccon	M+A	1560
Andalo	M	1008	Pinzolo	M+A	1560
Val Noana	M	1025	Campiglio	M	1645
Rumo	M	1090	Predazzo	M	1655
Vallarsa	M+A	1175	Pampeago	M	1775
Lozen	M	1240	Malga Bissina	M	1780
Baessa	M	1260	Panarotta	M	1875
Fonti	M	1280	Folgarida	M	1910
Passo S.Valentino	M	1350	Ciampediè	M	1975
Folgaria	M+A	1360	S.Pellegrino	M	1980
S.Nicolò	M	1367	Passo Valles	M	2030
S.Martino	M	1460	Tarleta	M	2030
Viote	M+A	1500	Ciampac	M	2140
Tremalzo	M+A	1520	Passo Rolle	M	2700
Paneveggio	M+A	1540	Presena	M+A	2730

Tab. 2: I parametri fisici misurati manualmente; intervalli di campionamento e registrazione.

Tab. 2: Physical parameters manually measured; sampling interval and acquisition.

GRANDEZZA	DATI MANUALI				
	Ist.	Med.	Mas.	Min.	Tot.
Altezza neve	24h				
Altezza neve fresca					24h
Altezza di penetrazione della sonda	24h				
Peso specifico della neve fresca	24h				
Nuvolosità	24h				
Direzione vento	24h				
Temperatura aria	24h		24h	24h	
Temperatura neve (-10 cm)	24h				
Temperatura neve (-30 cm)	24h				
Velocità vento	24h				

I parametri fisici misurati in modo manuale sono la altezza della neve, la altezza della neve fresca, la profondità di penetrazione della sonda, il peso specifico della neve fresca, la nuvolosità, la direzione del vento, la velocità del vento, la temperatura dell'aria, la temperatura della neve a -10 cm e a -30 cm. In Tab. 2 sono indicate le modalità principali del rilievo dei parametri fisici a rilievo manuale.

I parametri fisici misurati in modo automatico sono la altezza della neve, la direzione e la velocità del vento, la pressione atmosferica, la radiazione solare, l'equivalente in acqua della precipitazione nevosa e di pioggia, la umidità relativa, la temperatura dell'aria e la temperatura della neve ogni 20 cm. In Tab. 3 sono indicate le modalità principali del rilievo dei parametri fisici a rilievo automatico.

Tab. 3: I parametri fisici misurati automaticamente; intervalli di campionamento e registrazione.

Tab. 3: Physical parameters automatically measured; sampling interval and acquisition.

GRANDEZZA	DATI AUTOMATICI				
	Ist.	Med.	Mas.	Min.	Tot.
Altezza neve	60'		24h	24h	
Direzione vento		15'			
Pioggia					10'-24h
Pressione atmosferica	60'		60'-24h	60'-24h	
Radiazione solare		15'	24h (15' dopo '95)		15'-60'-24h (24h dopo '95)
Temperatura aria	60'		60'-24h	60'-24h	
Temperatura neve	60'				
Umidità relativa	60'		60'-24h	60'-24h	
Velocità vento	15' (dopo '95)	15' (prima '95)	15'-24h		24h

Accanto alla determinazione manuale dei parametri fisici su indicati, l'operatore fornisce informazioni con riferimento alla attività valanghiva del giorno: tipo, numero e dimensione delle valanghe osservate, esposizione dei pendii di distacco e loro altitudine.

Il datawarehouse predisposto per le elaborazioni è stato ottenuto a partire da diversi formati di acquisizione dei dati manuali e automatici. I dati manuali sono stati integrati, la dove serviva, mediante i dati automatici. L'attendibilità dei dati automatici è stata testata sulla base di opportuni confronti con i dati manuali. In Fig. 1 sono indicate le misurazioni, alle 8 del mattino, della temperatura dell'aria ottenute manualmente e mediante il sensore automatico a Tremalzo dal 1/1/91 al 2/4/91.

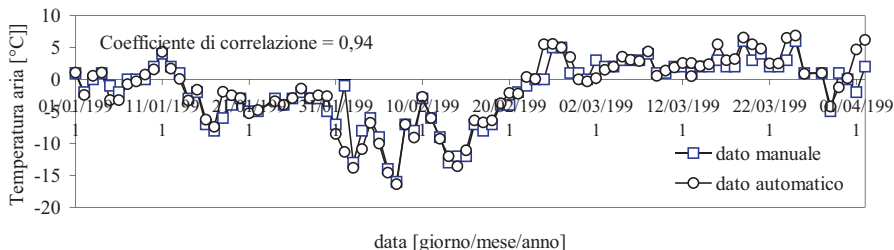


Fig. 1: Confronto tra la misurazione automatica e quella manuale dei dati di temperatura dell'aria a Tremalzo dal 1/1/91 al 2/4/91.

Fig. 1: Comparison between manual and automatic values of air temperature at Tremalzo station from 1/1/'91 to 2/4/'91.

In Fig. 2 è indicato un esempio di bassa correlazione tra i dati rilevati con il sensore automatico e manualmente del parametro fisico altezza del manto nevoso a Brocon tra il 12/3/99 ed il 25/4/99.

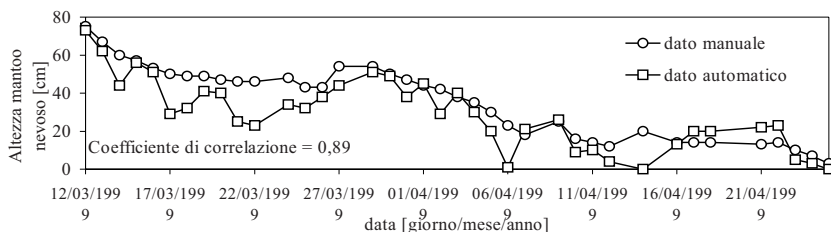


Fig. 2: Confronto tra la misurazione automatica e quella manuale dei dati di altezza del manto nevoso a Brocon dal 12/3/99 al 25/4/99.

Fig. 2: Comparison between manual and automatic values of snow depth at Brocon station from 12/3/99 to 25/4/99.

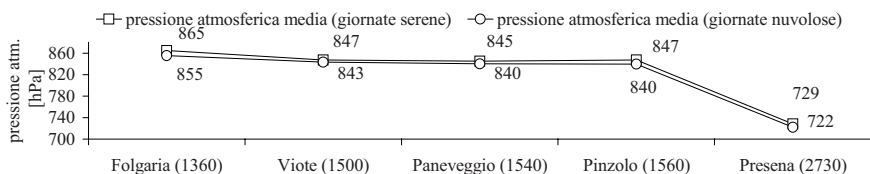


Fig. 3: Valore di pressione atmosferica media calcolata sui valori istantanei (relativi al momento in cui l'operatore effettua la rilevazione sullo stato del tempo) di giornate serene e di giornate nuvolose. In parentesi, accanto al nome della stazione, è indicata la quota.

Fig. 3: Values of mean atmospheric pressure, calculated at the instant of manual sampling, in case of clear and cloudy days at different stations. Inside brackets, beside station name, elevation is indicated.

Nel caso di bassa correlazione e di errori sistematici i dati automatici non sono stati utilizzati. Dati automatici, per i quali non è stato possibile eseguire un confronto con i dati manuali, sono stati validati mediante considerazioni di natura fisico-meteorologica (Kapperberger e altri, 1997). In Fig. 3, per esempio, la pressione atmosferica è stata messa in relazione con l'altitudine e con la nuvolosità in alcune stazioni della rete di rilievo.

I sensori di misura della temperatura dell'aria, relativamente al dato delle 8 di mattina, della temperatura massima e minima giornaliera, sono stati ritenuti affidabili in tutte le stazioni.

I sensori per la misura della velocità e direzione del vento sono stati ritenuti affidabili, soprattutto dopo qualche anno dall'installazione.

Nella misura automatica della altezza del manto nevoso è stato osservato un errore, rilevante alle basse profondità del manto, causato dalla inadeguata schermatura del sensore di temperatura. Per questo motivo, al dato automatico è stato preferito il dato manuale (Fig. 2).

La misurazione automatica della temperatura della neve all'interno dello strato depositato al suolo è fortemente influenzata da processi di scioglimento nivale attorno allo stelo di sostegno nonché da numerose e prolungate rotture dello strumento che hanno comportato l'inattendibilità del dato per tutte le stazioni (Scotton e Helfer, 2004).

Il sensore per la misurazione della umidità relativa è stato ritenuto non affidabile (Cestari, P.A.T., Ufficio Neve, Valanghe e Meteorologia: comunicazione personale).

La radiazione solare così come la pressione atmosferica, ad eccezione di limitati periodo di black out della strumentazione, sono da ritenersi affidabili.

L'ipotesi che il dato rilevato manualmente sia corretto ha comportato la scelta della costruzione del datawarehouse utilizzando dati a frequenza giornaliera (con riferimento, per i dati istantanei, alle ore 8 del mattino). Nel caso di grandezze campionate solamente in modo automatico sono stati generati nuovi parametri fisici (la direzione prevalente del vento e la direzione del vento alla massima velocità) ritenuti significativi per il fenomeno in esame. Il numero di parametri fisici presi in considerazione è 18 (Tab. 4) per le stazioni manuali ed automatiche e di 12 per le stazioni a rilievo manuale (alcuni parametri sono stati ottenuti dalla elaborazione dei dati a disposizione).

Tab. 4: Elenco delle variabili utilizzate e caratteristiche associate: tipo di dato (M, A, M+A), tipo di misura ed unità di misura.

Tab. 4: List of used physical parameters and associated properties: type of variable (M, A, M+A), type of measurement and units of measurement.

GRANDEZZA	TIPO DATO	TIPO MISURA	UNITÀ DI MISURA
Temp. aria [Ta]	M+A	Istantanea	°C
Temp. aria massima [Ta+]	M+A	Massima	°C
Temp. aria minima [Ta-]	M+A	Minima	°C
Temp. neve a -10 cm [Tn1]	M	Istantanea	°C
Temp. neve a -30 cm [Tn2]	M	Istantanea	°C
Altezza neve [Hn]	M	Istantanea	m
Altezza neve fresca [Hnf]	M	Istantanea	m
Penetrazione sonda [Hs]	M	Istantanea	m
Peso specifico [Wn]	M	Istantanea	N/m ³
Velocità vento [Vv]	M+A	Istantanea	m/s
Velocità vento massima [Vv+]	A	Massima	m/s
Direzione vento [Dv]	M+A	Istantanea	°
Direzione vento a Vv+ [Dv+]	A	Istantanea	°
Direzione vento [Dv-]	A	Modale	°
Acqua equivalente [Hp]	A	Cumulata	mm
Radiazione solare [Rs]	A	Cumulata	kJ/m ²
Pressione atmosferica [Pa]	A	Mediata	hPa
Nuvolosità [Nu]	M	Istantanea	-

DATA MINING

L'applicazione delle tecniche del Data Mining è stata effettuata considerando l'insieme delle variabili di Tab.4 organizzate in blocchi ritenuti omogenei e nell'ordine logico indicato in Fig. 4.

La scomposizione in blocchi è motivata dalla volontà di ricercare il significato fisico dei risultati della analisi statistica. In questo modo vengono catturate più agevolmente informazioni, anche di carattere qualitativo, connesse alla complessa natura del fenomeno in oggetto, altrimenti legate alla sensibilità dell'analista.

Il "blocco temperature" è costituito dalla temperatura istantanea dell'aria (rilevata alle otto del mattino), dalla temperatura dell'aria massima e minima nella giornata (dalle otto del giorno precedente alle otto del giorno attuale), dalla temperatura istantanea della neve a 10 cm e a 30 cm dalla superficie del manto nevoso.

Il “blocco vento” contiene la velocità istantanea del vento e la velocità massima della giornata, la direzione istantanea, la direzione prevalente e la direzione del picco di velocità.

Il “blocco neve” contiene le variabili relative alle caratteristiche della neve ed al suo spessore: altezza totale di neve al suolo e altezza di neve fresca, la penetrazione della sonda in superficie ed il peso specifico della neve.

Il “blocco meteo” contiene le variabili collegate con le condizioni atmosferiche quali la radiazione solare, la pressione atmosferica, la altezza cumulata di pioggia e la nuvolosità.

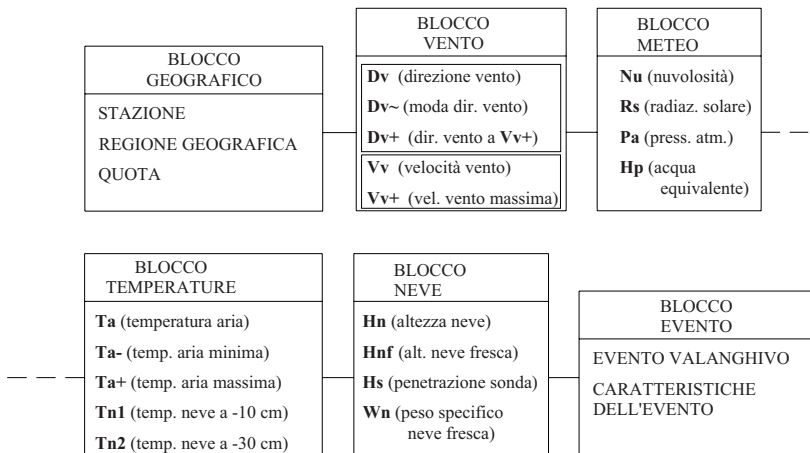


Fig. 4: Organizzazione in blocchi omogenei delle variabili del fenomeno fisico considerato.

Fig. 4: Organisation by homogeneous blocks of the variables of the considered phenomenon.

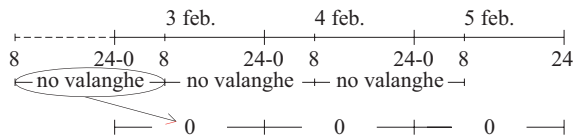
L'analisi statistica viene realizzata nell'intento di evidenziare alcune relazioni esistenti tra le variabili nelle diverse condizioni di stabilità ed instabilità del manto nevoso. Il campione di dati, contenente le giornate in cui il manto nevoso viene ritenuto stabile, viene costruito considerando, tra tutte le giornate di osservazione disponibili, quelle che presentano assenza di valanga il giorno stesso e per i due giorni successivi (il codice attribuito è 000, vedi Fig. 5).

Il datawarehouse, contenente le giornate in cui il manto nevoso viene ritenuto instabile, viene costruito considerando le giornate che presentano assenza di valanga il giorno stesso e presenza di valanga il giorno successivo (il codice attribuito è 01). Operando in questo modo si ritiene che aumenti sensibilmente la probabilità di considerare i valori delle variabili osservate nel giorno in cui si verifica effettivamente la valanga.

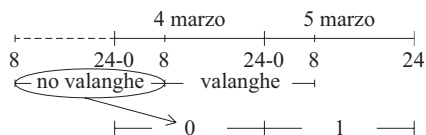
Viene infine analizzata una situazione interpretata come intermedia, quella di non valanga successiva ad un giorno valanghivo (il codice attribuito è 10).

Alcune considerazioni sul "blocco temperature"

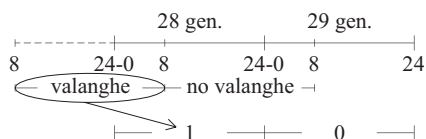
Nel caso di stabilità (giornate con codice 000, assenza di valanghe) le variabili termometriche dell'aria appaiono sostanzialmente indipendenti da quelle della neve. Come indicato in Fig. 6, che rappresenta il comportamento tipico delle stazioni nivometeorologiche indagate, la temperatura dell'aria alle 8 del mattino è correlata con la temperatura minima (normalmente notturna) mentre non è in relazione, in modo significativo, con la temperatura massima della giornata (evidentemente condizionata da altri parametri meteorologici quali la radiazione solare, la copertura nuvolosa ed il vento).



GIORNO STABILE (codice 000)



GIORNO INSTABILE (codice 01)



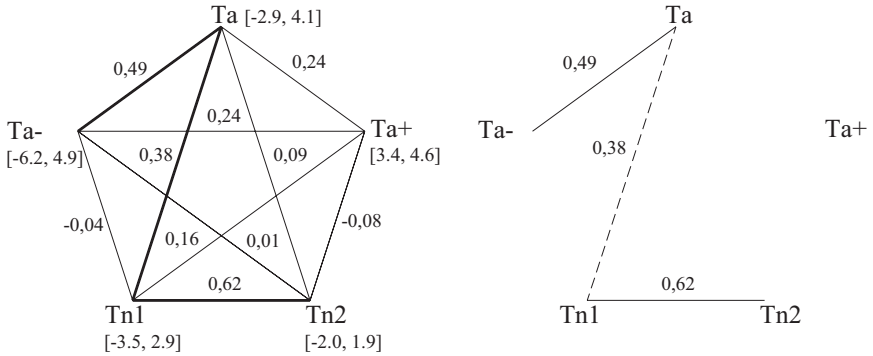
GIORNO A STABILITÀ INTERMEDIA (codice 10)

Fig. 5: GIORNO STABILE: assenza di valanga nel giorno considerato e nei due giorni successivi; GIORNO INSTABILE: assenza di valanga nel giorno considerato e presenza nel giorno successivo; GIORNO A STABILITÀ INTERMEDIA: assenza di valanga nel giorno considerato successivo ad un giorno di valanga. Nel caso di GIORNO INSTABILE le valanghe si verificano tra le ore 8 del 4 marzo e le ore 8 del 5 marzo. Si ritiene così più probabile che i parametri fisici significativi siano quelli rilevati il giorno 4 marzo. Lo stesso vale nel caso di GIORNO A STABILITÀ INTERMEDIA.

Fig. 5: STABLE DAY: absence of avalanches in the considered day and in two successive days; UNSTABLE DAY: absence of avalanches in the considered day and presence in the following day; DAY OF INTERMEDIATE STABILITY: absence of avalanches in the considered day following a day with avalanches. In case of UNSTABLE DAY avalanches occur between 8 a.m. of March the forth and 8 a.m. of March the fifth. It is believed more likely that the significant physical parameters are those sampled on March the forth. The same is considered in case of DAY OF INTERMEDIATE STABILITY.

Le temperature della neve a -10 cm e a -30 cm dalla superficie appaiono significativamente correlate, ad indicare l'effetto di isolamento dovuto al manto nevoso. D'altra parte i legami della temperatura dell'aria sono maggiori con la temperatura a -10 cm piuttosto che a -30, ad indicare l'incremento dell'effetto di isolamento rispetto alla profondità.

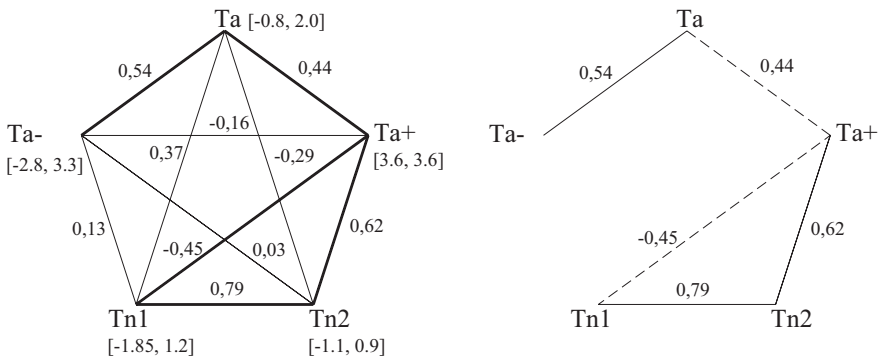
Nel caso di instabilità si nota, in generale, la tendenza della temperatura massima a generare legami significativi con le temperature della neve (legami sostanzialmente assenti nel caso di stabilità) (Fig. 7). Questo può essere spiegato fisicamente sia in condizioni invernali che primaverili. In condizioni invernali, le valanghe a debole coesione, che si formano frequentemente durante la nevicata, presentano temperature della neve negli strati superficiali, prossime alle temperature dell'aria a causa del tempo necessario all'innesco dell'isolamento termico. In condizioni primaverili, le condizioni di instabilità sono determinate dall'aumento stagionale della temperatura dell'aria. In condizioni di instabilità il numero e l'intensità dei legami della temperatura della neve, a -10 cm e a -30 cm, con la temperatura dell'aria sono relativamente alti e comparabili, mentre nel caso di stabilità sono assenti. Dal punto di vista fisico la spiegazione proposta qui sopra appare valida anche in questo caso.



[\bar{x} (°C), s (°C)]

Fig. 6 : Strutture di interdipendenza delle variabili del “blocco temperature” a Tremalzo nei giorni di stabilità del manto nevoso (codice 000) rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (a destra i legami più forti della struttura); n=435, support=69%. Tra parentesi il valore medio e lo scarto quadratico medio.

Fig. 6: Interdependence structure of Temperature Block variables at Tremalzo in case of stable days (code 000). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (on the right the strongest bonds); n=435, support=69%. In square brackets mean value and standard deviation.



[\bar{x} (°C), s (°C)]

Fig. 7: Struttura di interdipendenza delle variabili del “blocco temperature” a Tremalzo nei giorni di instabilità del manto nevoso (codice 01) rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (a destra i legami relativamente più forti della struttura); n=20, support=3%. Tra parentesi il valore medio e lo scarto quadratico medio.

Fig. 7: Interdependence structure of Temperature Block variables at Tremalzo in case of unstable days (code 01). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (on the right the strongest bonds); n=20, support=3%. In square brackets mean value and standard deviation.

Nel caso definito come intermedio (assenza di valanga successiva all'evento valanghivo) si evidenzia la tendenza delle strutture tra le variabili a riavvicinarsi alle strutture di stabilità

(Fig. 8). Questa tendenza appare più evidente nei campioni a bassa numerosità ma si mantiene, sostanzialmente, anche nei campioni a numerosità elevata.

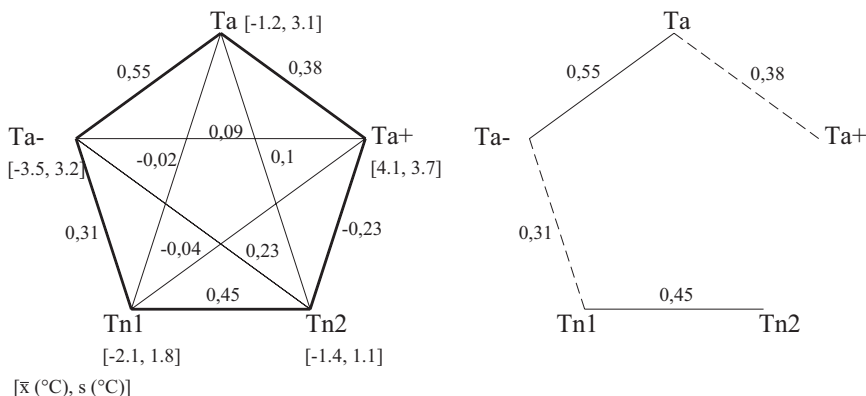


Fig. 8: Struttura di interdipendenza delle variabili del “blocco temperature” a Tremalzo nei giorni di instabilità intermedia del manto nevoso (codice 10) rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (a destra i legami relativamente più forti della struttura); n = 45, support = 7 %. Tra parentesi il valore medio e lo scarto quadratico medio.

Fig. 8: Interdependence structure of Temperature Block variables at Tremalzo in case of intermediate days (code 10). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (on the right the strongest bonds); n = 45, support = 7 %. In square brackets mean value and standard deviation.

Alcune considerazioni sul "blocco neve"

Nel caso di stabilità si evidenziano legami significativi tra la penetrazione della sonda, la altezza della neve fresca e la altezza del manto nevoso. Questi legami sono sempre positivi. Al contrario, la correlazione tra la penetrazione della sonda ed il peso specifico della neve ha valore negativo, indicando come i valori di penetrazione dipendano con proporzionalità inversa dalla densità della neve (vedi Fig. 9; i valori del peso specifico vengono rilevati solo nel caso di neve fresca, la loro numerosità è contenuta).

Nel caso di instabilità la densità della neve fresca è correlata con le altre variabili, ed in particolare con la penetrazione della sonda, in modo molto più marcato rispetto al caso di stabilità (Fig. 10). Questo dato può essere spiegato, dal punto di vista fisico, tenendo conto dei processi metamorfici della neve al suolo. In condizioni invernali è molto probabile che la maggior parte delle valanghe si verifichino quando il metamorfismo non ha ancora modificato le caratteristiche della neve fresca. In condizioni primaverili, invece, la neve è completamente trasformata ed il distacco si verifica in condizioni fisiche e termodinamiche ben definite.

Alcune considerazioni sul "blocco vento"

La analisi sulle variabili del blocco vento è stata effettuata, principalmente, nelle stazioni a rilievo automatico, perché in tali stazioni sono disponibili tutte le variabili attribuite al blocco. Le osservazioni sul comportamento delle variabili non sono, per lo più, generalizzabili. Generale è la osservazione che la direzione prevalente del vento è legata alla sua direzione in corrispondenza della velocità massima e alla direzione alle otto del mattino, mentre le ultime due non sono significativamente legate tra di loro (in termini di correlazione parziale).

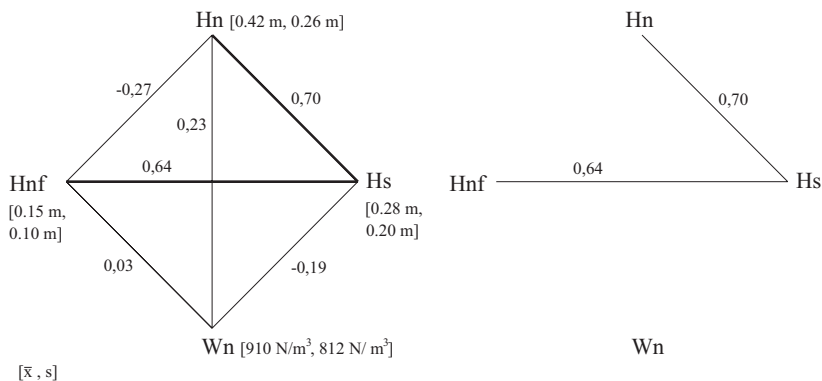


Fig. 9: Strutture di interdipendenza delle variabili del “blocco neve” a Fonti nei giorni di stabilità del manto nevoso (codice 000) rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (a destra i legami relativamente più forti della struttura); n = 81, support = 59 %. Tra parentesi il valore medio e lo scarto quadratico medio.

Fig. 9: Interdependence structure of “snow block” variables at Fonti in case of stable days (code 000). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (on the right the strongest bonds); n = 81, support = 59 %. In square brackets mean value and standard deviation.

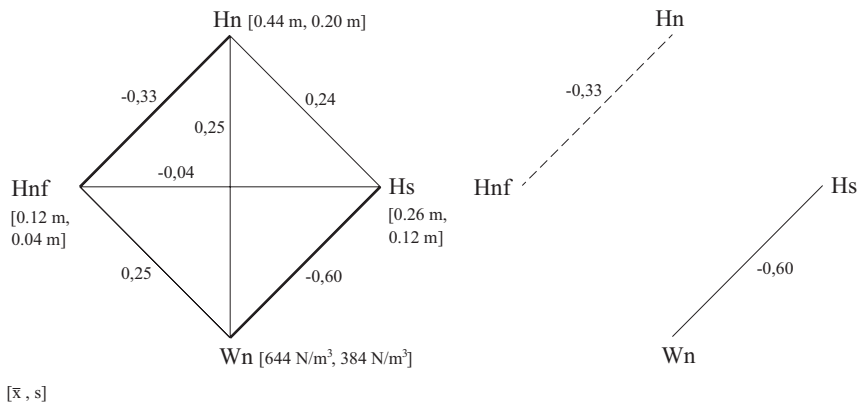


Fig. 10: Strutture di interdipendenza delle variabili del “blocco neve” a Fonti nei giorni di instabilità del manto nevoso (codice 01) rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (in rosso i legami relativamente più forti della struttura); n = 7, support = 5 %.

Fig. 10: Interdependence structure of “snow block” variables at Fonti in case of unstable days (code 01). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (on the right the strongest bonds). In square brackets mean value and standard deviation.

Considerando il caso particolare della stazione di Paneveggio l’analisi indica come, in condizioni di stabilità, il legame tra la direzione predominante giornaliera e la direzione del vento massimo giornaliero sia inesistente, mentre, in condizioni di instabilità, il legame è presente in modo significativo. Questo comportamento potrebbe essere un indice della formazione di accumuli da vento o di cornici che sono spesso causa della formazione di valanghe (Fig. 11).

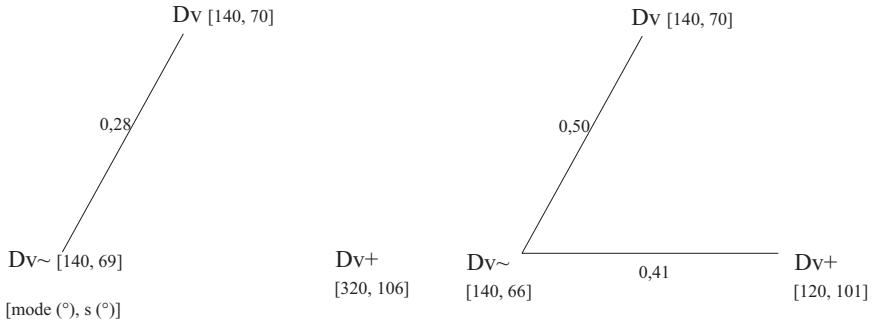


Fig. 11: Strutture di interdipendenza delle variabili del “blocco vento” a Paneveggio nei giorni di stabilità (a sinistra; $n = 1430$, support = 95 %) e instabilità (a destra; $n = 40$, support = 3 %) del manto nevoso, rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (sono indicati solamente i legami relativamente più forti). Tra parentesi la moda e lo scarto quadratico medio.

Fig. 11: Interdependence structure of “wind block” variables at Paneveggio in case of stable days (on the left; $n = 1430$, support = 95 %) and in case of unstable days (on the right; $n = 40$, support = 3 %). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (only strongest bonds are indicated). In square brackets mode and standard deviation.

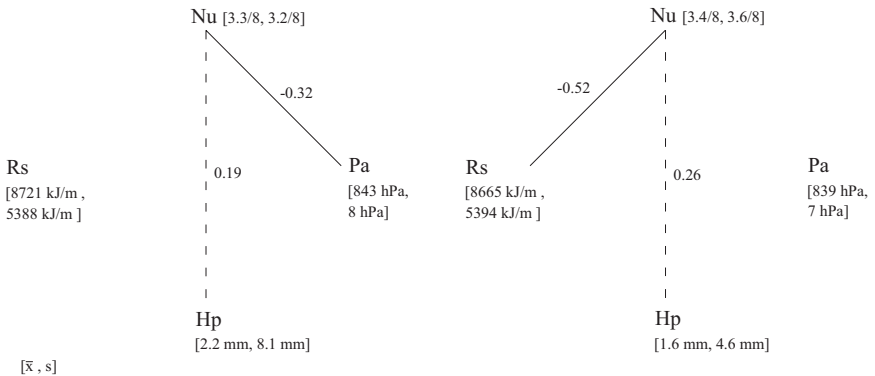


Fig. 12: Strutture di interdipendenza delle variabili del “blocco meteo” a Paneveggio nei giorni di stabilità (a destra; $n = 1402$, support = 93 %) e instabilità (a sinistra; $n = 40$, support = 3 %) del manto nevoso (codice 000), rappresentate dal coefficiente di correlazione parziale (sono indicati solamente i legami relativamente più forti). Tra parentesi il valore medio e lo scarto quadratico medio.

Fig. 12: Interdependence structure of “meteo block” variables at Paneveggio in case of stable days (on the left; $n = 1402$, support = 93 %) and in case of unstable days (on the right; $n = 40$, support = 3 %). Dependence is represented by means of partial correlation coefficient (only strongest bonds are indicated). In square brackets mean value and standard deviation.

Considerazioni sul "blocco meteo"

La analisi sulle variabili del blocco meteo è stata effettuata solo per le stazioni a rilievo sia automatico che manuale. I legami appaiono coerenti rispetto ai fenomeni meteorologici (Fig. 12). Anche in questo caso, le considerazioni che possono essere effettuate hanno valore locale.

Ad esempio, nelle stazioni di Brocon e Paneveggio il legame tra nuvolosità ed equivalente in acqua della precipitazione aumenta passando dalla condizione di stabilità a quella di instabilità. In effetti, un evento valanghivo può essere costituito direttamente della massa precipitata, ma la precipitazione nevosa o idrica può anche innescare il movimento di una massa depositata in condizioni di stabilità limite (Fig. 12).

CONCLUSIONI

La analisi svolta ha permesso di descrivere la qualità dei dati raccolti presso le stazioni nivo-meteorologiche della Provincia Autonoma di Trento.

La analisi dei dati ottenuti da sensori ritenuti affidabili ha permesso di quantificare, mediante l'uso di alcune tecniche del Data Mining, le relazioni esistenti tra le variabili nei diversi casi di stabilità, instabilità e stabilità intermedia, del manto nevoso (la analisi condotta ha comportato, soprattutto nello studio della instabilità del manto nevoso, l'adozione di campioni a scarsa numerosità).

Sono state rilevate, talvolta, significative differenze nei legami tra le variabili nei diversi casi di stabilità ed instabilità. Questo nonostante i legittimi dubbi di rappresentatività delle stazioni nivo-meteorologiche dei siti valanghivi osservati.

Sono stati messi in evidenza legami forti tra le variabili che non dipendono dalla posizione della stazione nivo-meteorologica ed altri legami che, al contrario, hanno un forte significato locale.

Dell'andamento di alcuni legami è stata data una interpretazione fisica. Altri risultati possono fornire utili indicazioni per la migliore conoscenza e previsione dei fenomeni valanghivi.

BIBLIOGRAFIA

A.I.NE.VA., (1990): Codice Meteonivometrico.

Kapperberger G., Kerkmann J., (1997): "Il tempo in Montagna, Manuale di Meteorologia Alpina", Zanichelli, Bologna.

Scotton P., Helfer U., (2004): "Analisi in situ del comportamento di alcuni sensori per la misura di parametri nivometeorologici", *Proceedings Interpraevent 2004*, Riva del Garda, Trento.