

UN SOFTWARE PER CONTROLLARE TRAMITE IMMAGINI DA SATELLITE LA COPERTURA NUVOLOSA NOTTURNA NEI PERIODI DI SORVEGLIANZA CONTRO LE GELATE TARDIVE.

A software tool based on satellite images for the evaluation of the nocturnal cloud coverage in the spring frosts watch periods

Giambattista Toller, Emanuele Eccel

Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN)

Emanuele.eccel@mail.ismaa.it, Giambattista.toller@mail.ismaa.it

Riassunto

L'analisi dei dati dell'aprile 2001 nella valle dell'Adige, Trentino, Italia, conferma che la previsione della temperatura notturna in base a quella rilevata al tramonto è resa molto incerta da due parametri aleatori: vento e copertura nuvolosa. L'uso di immagini da satellite nella banda dell'infrarosso termico permette agli operatori dei servizi di allertamento contro le gelate tardive di seguire l'evoluzione della copertura. Un software appositamente sviluppato, crea dalle piccole immagini estraendo da quelle originali i pixel riguardanti il Trentino – Alto Adige, vi traccia la posizione delle principali stazioni meteorologiche e costruisce delle sequenze di immagini che gli utenti possono scaricare via WEB.

Abstract

Data analysis of April 2001 in the Adige Valley (Trentino, Italy), confirms the uncertainties of a nocturnal temperature prediction based on sunset measures, due to two aleatory parameters: wind and sky cover. The use of thermal IR satellite images enables alert operators, involved in late frost control, to follow the sky cover evolution. A dedicated software has been developed, which creates small images by retrieving the pixels of Trentino - Alto Adige IR mapping from the original images, superimposes the location of the main meteorological stations, and builds picture sequences downloadable by any user via the WEB.

Premessa

La difesa delle colture agrarie dalle gelate tardive è una pratica indispensabile nelle zone di fondo valle dell'area alpina, ai fini della regolarità e della qualità della produzione frutticola.

Il metodo di difesa universalmente adottato nel Trentino - Alto Adige è quello dell'irrigazione a pioggia sopra chioma, che garantisce una efficace protezione anche in presenza di temperature molto basse ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Con tale metodo le superfici da proteggere vengono irrigate per tutto il tempo in cui la temperatura dell'aria permane al di sotto di quella di intervento. Gli impianti irrigui devono perciò essere progettati per il funzionamento simultaneo su tutta l'area dominata, non essendo ammessa l'irrigazione turnata.

Gli impianti di questo tipo hanno due caratteristiche distintive fondamentali:

- grande consumo istantaneo di acqua (es. $4\text{ mm h}^{-1} = 40\text{ m}^3\text{ h}^{-1}\text{ ha}^{-1} = 11.1\text{ litri s}^{-1}\text{ ha}^{-1}$, contro i $4\text{ mm d}^{-1} = 40\text{ mc d}^{-1}\text{ ha}^{-1} = 0.463 \sim 0.5\text{ litri s}^{-1}\text{ ha}^{-1}$ usualmente adottati per il calcolo degli impianti irrigui turnati; l'alimentazione degli impianti avviene generalmente tramite una rete di pozzi, scavati direttamente nei campi da proteggere.
- grande potenza installata (in caso di pompaggio), necessaria per alimentare simultaneamente tutti gli irrigatori. Tale potenza viene generalmente fornita da motopompe fisse o mobili, sistemate in campagna in prossimità dei pozzi. L'avviamento delle motopompe è sempre manuale.

L'automazione del sistema di difesa sarebbe teoricamente possibile, dotando le motopompe di telecomandi (per esempio via telefono GSM), ma è piuttosto improbabile che nei prossimi anni ciò venga fatto su larga scala. Lo scenario futuro più verosimile prevede ancora l'avviamento manuale delle pompe da parte dei proprietari dei fondi, avvertiti tempestivamente per mezzo di una organizzazione di sorveglianza e allertamento. Il buon funzionamento complessivo della difesa delle gelate, che può essere come sempre riassunto nella trita formula "non irrigare troppo né troppo poco", dipende perciò da molte componenti quali acqua sufficiente, pompe efficienti, irrigazione uniforme, avviamento puntuale etc.

Dando per scontato che ogni componente dovrebbe essere calibrata per l'ottimale funzionamento del sistema, in questa sede l'attenzione verrà fissata solo sulla fase di monitoraggio e allertamento.

Gli attuali sistemi di sorveglianza per la difesa contro le brinate si basano su

- Un centro di previsione del tempo
- Una rete di stazioni automatiche di rilevamento meteo (umidità, temperatura bulbo bagnato non ventilato a 50 cm dal suolo, velocità del vento)
- Un centro di raccolta ed elaborazione dei dati rilevati dalle stazioni
- Alcuni sistemi di diffusione delle informazioni e dei messaggi di allerta: internet (web, e-mail), televideo, telefono (chiamate "umane", sintetizzatori vocali, SMS, e-mail), ecc.

Due sono le attività di un centro di assistenza agrometeorologica contro le gelate:

1. monitoraggio della situazione attuale (attività fondamentale);
2. previsione della situazione futura (attività ausiliaria).

L'andamento della temperatura notturna viene rilevato dalle stazioni a stretta cadenza (5 – 10 minuti) e serve per stabilire quando avviare le pompe: questo è l'irrinunciabile pilastro su cui poggia la difesa.

La previsione della situazione meteorologica notturna favorevole alla gelata può essere fatta dal centro di previsione del tempo con qualche giorno di anticipo o solo la sera precedente, usando i normali strumenti di previsione meteo o algoritmi matematici appositamente predisposti. Pur non essendo indispensabile, questo tipo di informazione può rendere l'attività di difesa meno gravosa per gli operatori, individuando in maniera più precisa le situazioni a rischio. Per prevedere l'andamento della temperatura notturna partendo da dati rilevati al tramonto, varie formule matematiche sono state proposte, ma la loro capacità previsionale è vincolata a condizioni al contorno abbastanza improbabili nelle valli del Trentino:

- vento assente o costante
- cielo con copertura assente o costante

Il miglioramento di un servizio di previsione delle gelate è dunque legato al superamento di questi due vincoli.

Il vento rilevato ora per ora dalle stazioni meteo può essere usato per “spiegare” l’andamento della temperatura nelle ore precedenti, ma la attuale previsione del vento nelle ore seguenti è così incerta da essere priva di importanza pratica. La quota di aleatorietà attribuibile a questo parametro sembra dunque difficilmente riducibile.

L’andamento notturno della copertura nuvolosa, rilevato ogni 30’ dai satelliti geostazionari tramite immagini nell’infrarosso termico, può invece fornire qualche utile informazione previsionale ed è sembrato meritevole di essere preso in considerazione.

Questo lavoro – di carattere preliminare - affronta il problema del monitoraggio e della previsione di copertura. L’approccio è per ora totalmente pratico ed è indirizzato alla creazione di un semplice strumento di monitoraggio continuo e di previsione della copertura a brevissimo termine, lasciando ad una seconda fase lo studio della temperatura notturna in relazione alla copertura rilevata da satellite geostazionario.

Materiali e metodi

Il lavoro è suddiviso in due fasi.

- Nella prima si esamina l’andamento della temperatura notturna nell’aprile 2001 evidenziando, per quanto possibile, l’effetto del vento e della copertura nuvolosa.
- Nella seconda viene progettato e realizzato il software per il monitoraggio della copertura.

Analisi della temperatura notturna.

Dati meteo: stazioni di San Michele all’Adige e di Trento Sud, rilevati nell’intervallo di tempo 30 marzo – 30 aprile 2001; temperatura a 2 m dal suolo, vento a 10 m, valori medi orari.

Pacchetto di elaborazione statistica “R”, versione 1.2.3

Selezionando i dati orari relativi all’intervallo tramonto-alba (18-6), usando come punto di partenza la temperatura al tramonto e stabilendo condizioni medie costanti di bagnatura del terreno, si è applicata ad ogni notte la formula di Brunt

$$\Delta t[i] = 2 * \pi^{-0.5} * R_L * [K * (hn[i] * 3600)]^{0.5} * k^{-1}$$

con:

$\Delta t[i]$: variazione di temperatura nell'ora i [$^{\circ}\text{C}$]

R_L : radiazione in onda lunga secondo Schwimbank [W m^{-2}]

$hn[i]$: ora della notte (0 tramonto, 12 alba) all'ora i [ore]

K : diffusività termica $0.258 [\text{cm}^2 \text{min}^{-1}] = 4.27 \times 10^{-7} [\text{m}^2 \text{s}^{-1}]$

k : conduttività termica $0.119 [\text{cal cm}^{-1} \text{min}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}] = 0.829 [\text{W m}^{-1} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}]$

Le differenze tra la temperatura vera (T_v) e quella simulata con formula adatta alle notti serene e senza vento (T_s) sono attribuibili al fattore vento (U), al fattore copertura (C), all'interazione $U \times C$, e ad una componente casuale (e). Qualora il vento nel corso della notte apporti aria con temperatura (T_a) diversa da quella fino allora presente, una nuova causa di variazione si va ad aggiungere, arricchendo anche il numero di interazioni: $TaxU$, $TaxC$, $TaxCxU$.

L'unico passo certo verso la modellazione del fenomeno è quello di attribuire una parte della differenza al vento. Ciò permette di evidenziare maggiormente l'effetto della copertura nuvolosa, che rimane tuttavia confuso con l'eventuale effetto di T_a e delle varie interazioni.

L'adattamento dei valori simulati con la formula di Brunt ai valori realmente misurati in campagna è stato tentato tramite coefficienti di correzione moltiplicativi variabili ogni ora in funzione della velocità del vento, cercando di mantenere la modellistica al livello più elementare possibile.

Realizzazione del software per il monitoraggio.

Le foto all'infrarosso 800x800 pixels usate per lo studio della copertura vengono fornite con frequenza di 30' dal satellite geostazionario METEOSAT ed hanno una risoluzione (longitudine x latitudine) di circa 5x5km all'equatore e di circa 4.8 x 7.9 km ad una latitudine di 46°N e longitudine di 11°E. Diversi siti WEB mettono a disposizione liberamente le foto METEOSAT; per l'esperimento sono state usate sequenze di fornite dal sito <http://meteosat.e->

technik.uni-ulm.de/ dell'Università di Ulm in Germania dove all'utente è concesso, oltre che accedere a singole foto, anche creare animazioni con parametri a scelta.

La dimensione del pixel è piuttosto grande, ma non è ingestibile trattandosi di pixels di cielo. Comunque con il lancio del nuovo satellite MSG (Meteosat Second Generation), previsto attualmente per la metà del 2002, si dovrebbero avere a disposizione immagini IR con risoluzione di 3x3km all'equatore che permetterebbero una più adeguata risoluzione.

Nelle immagini IR semplici usate per le prove, la copertura nuvolosa è rappresentata con toni di grigio: bianco se totalmente coperto, nero se totalmente scoperto, ma a determinare il colore è in realtà la temperatura degli oggetti. Le nebbie basse sarebbero perciò difficilmente visibili, avendo temperatura molto prossima a quella del suolo. Il problema comunque non si pone in val d'Adige, dove la nebbia è praticamente sconosciuta.

Per la scrittura di software di elaborazione e visualizzazione delle immagini da satellite e per le animazioni è stato usato il linguaggio JAVA2 (JDK1.3).

Risultati e discussione

Analisi della temperatura notturna.

Il vento è l'unico dato misurato che può essere affiancato alla simulazione tramite formula di Brunt, per spiegare una parte della variabilità della temperatura notturna. Una semplice formula empirica adeguata per spiegare l'influenza della velocità del vento sul calo di temperatura notturna è stata la seguente, dove il peso del vento è proporzionale alla radice quadrata della velocità:

$$f_U = 1 - 0.25 * U^{0.5}$$

$$\Delta t = \Delta t_B * f_U$$

- f_U : fattore moltiplicativo []
 U : velocità media del vento [$m s^{-1}$]
 Δt : variazione oraria di temperatura [$^{\circ}C$]

Δt_B : variazione oraria prevista dalla formula di Brunt [$^{\circ}\text{C}$]

Nei grafici relativi alla stazione di Trento Sud (Fig.1) e di San Michele all'Adige (Fig.2), si riportano accostati in sequenza l'uno all'altro gli andamenti orari delle temperature notturne e del vento dell'aprile 2001. I picchi di temperatura rappresentano in genere i valori al tramonto mentre i minimi termici corrispondono all'alba. In ascissa è indicato il numero progressivo di ore trascorse.

Nelle condizioni di cielo sereno, denotate di solito da grande escursione termica, la temperatura simulata a partire da un valore vero al tramonto (rosso, [$^{\circ}\text{C}$]) si avvicina molto alla temperatura vera (nero, [$^{\circ}\text{C}$]). Quando il vento (blu, [m s^{-1}]) è assente, notevoli differenze tra vero e simulato indicano principalmente situazioni di cielo coperto. In presenza di vento, le differenze potrebbero però essere dovute anche a variazioni generali di temperatura dovute al ricambio dell'aria. Da rilevare tuttavia che la relativa facilità con cui si può modellizzare a posteriori l'effetto del vento ha scarsa rilevanza pratica se non si è in grado di prevederne l'andamento futuro.

Le simulazioni effettuate confermano il fatto che la previsione serale dell'andamento termico notturno è troppo pesantemente legata a fattori difficilmente prevedibili per poter sostituire la sorveglianza continua. Nelle notti di primavera è in gioco infatti tutta la produzione frutticola di un anno e la difesa va necessariamente basata su sistemi che riducano al minimo l'aleatorietà del risultato. Da qui la decisione di fornire inizialmente solo uno strumento generico che abbassi il livello di incertezza riguardo alla copertura nuvolosa delle prossime ore e che sia d'uso semplice e immediato.

Realizzazione del software per il monitoraggio.

Il monitoraggio della copertura nuvolosa e della sua evoluzione in base ai rilevamenti nell'infrarosso da parte di METEOSAT è stato fatto semplicemente scrivendo un software che fa lo "zoom" sulla parte di immagine interessante per i produttori della regione Trentino – Alto Adige. Praticamente tutta la regione è infatti compresa in un quadrato di 25x25 pixels, mentre l'immagine METEOSAT ha

dimensioni 800x800 pixels e copre buona parte dell'emisfero settentrionale.

Il software realizzato non fa altro che operare l'estrazione del quadrato 25x25 dall'immagine originale e sovrapporre alla nuova immagine una mappa con la localizzazione delle principali stazioni meteo e con i meridiani e i paralleli passanti per la zona. Presso ogni stazione meteo viene visualizzata l'ultima temperatura rilevata.

Il programma crea una sequenza di immagini a partire da qualche ora prima del tramonto e ogni mezz'ora aggiunge una nuova immagine alla serie, continuando fino all'alba.

Siccome il satellite ha coordinate Lat 0° Lon 0° rispetto a Greenwich, i meridiani nelle immagini delle zona dell'alta Italia non saranno rappresentati da linee verticali, ma diagonali che si spostano a sinistra al crescere della latitudine. Per immagini piccole, i paralleli sono invece ancora praticamente orizzontali (Fig.3). Non si è ritenuto utile operare una trasformazione dell'immagine per avere meridiani verticali: il posizionamento delle stazioni meteo è sembrato sufficiente per orientare l'utente anche sulla mappa deformata.

Vari filtraggi dell'immagine sono stati tentati per migliorarne la leggibilità: colorazioni diverse per intervalli diversi di copertura, aumento del contrasto e mappatura delle variazioni di colore di ogni pixel nel tempo; tuttavia i risultati sono stati mediocri soprattutto a causa del ridotto numero di pixel dell'immagine. Si è infine ritenuto che l'operatore possa trarre la massima informazione dalle immagini IR, osservando dapprima quelle complete (800x800 o 400x400 pixel) per avere una visione globale e zoomando poi sulla zona di propria competenza per seguire l'evoluzione locale.

La soluzione di creare un software residente su PC, in grado di scaricare da internet le immagini originali 800x800, di estrarre da esse la piccola zona interessata e di visualizzare l'animazione è stata scartata perché richiederebbe il trasferimento di file molto pesanti, con problemi scontati legati alla lentezza dell'operazione ed alle possibili cadute di comunicazione.

Anche la soluzione di creare un Applet JAVA, cioè un software scaricabile "al volo" dalla rete ed in grado di scaricarsi a sua volta le

immagini per poi elaborarle, è stata scartata per i medesimi problemi della soluzione precedente.

La possibilità di affidare a un software server-side il compito di estrarre le immagini e a uno client-side le elaborazioni, per quanto buona dal punto di vista dei problemi di trasmissione, è sembrata eccessivamente sofisticata per le semplici operazioni software richieste.

Come ormai d'uso, si è optato dunque per una applicazione di tipo server-side accessibile dagli utenti per mezzo di browser. Il "download" delle immagini METEOSAT dai siti WEB opportuni, è affidata ad un server situato presso il Centro Meteo di San Michele. L'immagine da 800x800px scaricata dalla rete viene elaborata da un software residente sul server e il tassello 25x25px estratto va a formare la sequenza cinematografica che sarà resa disponibile agli utenti sotto forma di immagine animata (es. GIF animata).

In una futura espansione, il sistema potrà permettere all'utente di scegliere il livello di zoom desiderato, l'intervallo temporale e la frequenza delle immagini nonché la zona da visualizzare.

Per un servizio utilizzabile non si deve comunque permettere la creazione di sequenze che abbiano dimensioni eccessive, perché il loro scaricamento risulterebbe oltremodo lento con le attuali potenzialità di trasmissione.

Conclusioni

L'aleatorietà della copertura nuvolosa, e quella ancora maggiore del vento, rendono la previsione serale delle temperature minime notturne molto incerta. L'uso delle immagini satellitari nell'infrarosso può essere di aiuto a chi gestisce servizi di allertamento contro le gelate tardive perché permette sia il monitoraggio che una certa previsione della copertura nuvolosa notturna.

L'avvento del satellite geostazionario MSG con una maggiore risoluzione nelle immagini, dovrebbe segnare un ulteriore progresso nel monitoraggio della copertura e forse un avanzamento verso la telemisura diretta della temperatura al suolo.

Un approfondimento meriterebbe la dinamica dei venti notturni nelle valli sia per quanto riguarda l'intensità che la persistenza.

Bibliografia

Brunt D., 1941: Physical and dynamical meteorology. Cambridge Univ. Press.

Eccel, E., Toniolli A., Toller G., 1998: Le gelate tardive dell'aprile 1997 in Trentino. Economia Trentina, anno 1998, n.1.

<http://www.eumetsat.de/>: "The Eumetsat Second Generation Programme"

Ferrari, P. e Ferretti, O., 1979: Costruzione di un diagramma per la previsione del minimo termico notturno in zone soggette a gelate. Esperienze e Ricerche, nuova serie, vol. VIII.

<http://www.javasoft.com/>: "The source for JAVA technology".

Piazza, A. e Peterlongo, A., 1997: Un semplice modello per calcolare la temperatura minima notturna. AIAM News, 1, 1.

Zinoni, F., Rossi, F., Pitacco, A., Brunetti, a., 2000: Metodi di previsione e difesa dalle gelate tardive. Calderini Edagricole, Bologna.

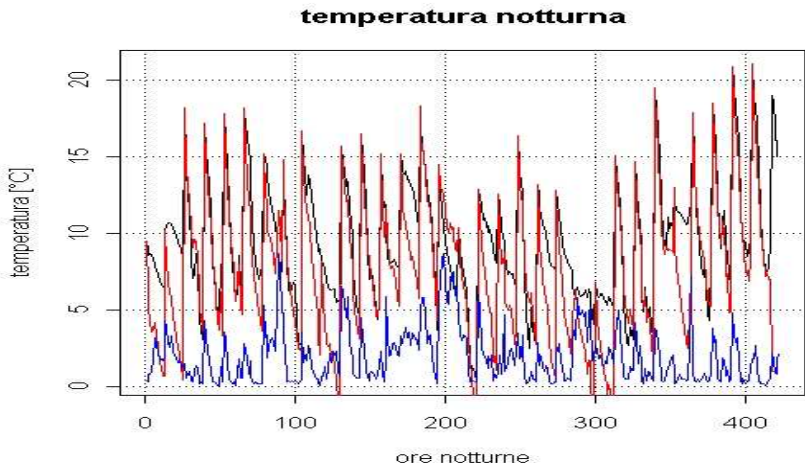


Figura 1. Trento sud; aprile 2001. Andamento vero (nero) e simulato (rosso) della temperatura notturna [$^{\circ}\text{C}$] e del vento (blu) [m s^{-1}].

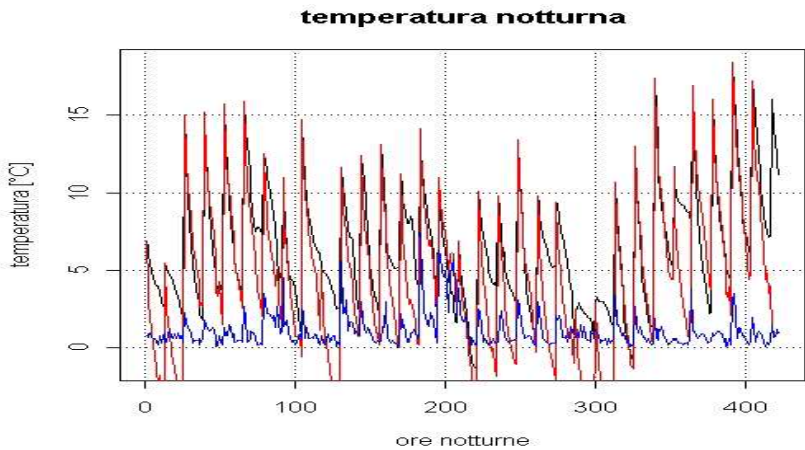


Figura 2. San Michele; aprile 2001. Andamento vero (nero) e simulato (rosso) della temperatura notturna [$^{\circ}\text{C}$] e del vento (blu) [m s^{-1}].

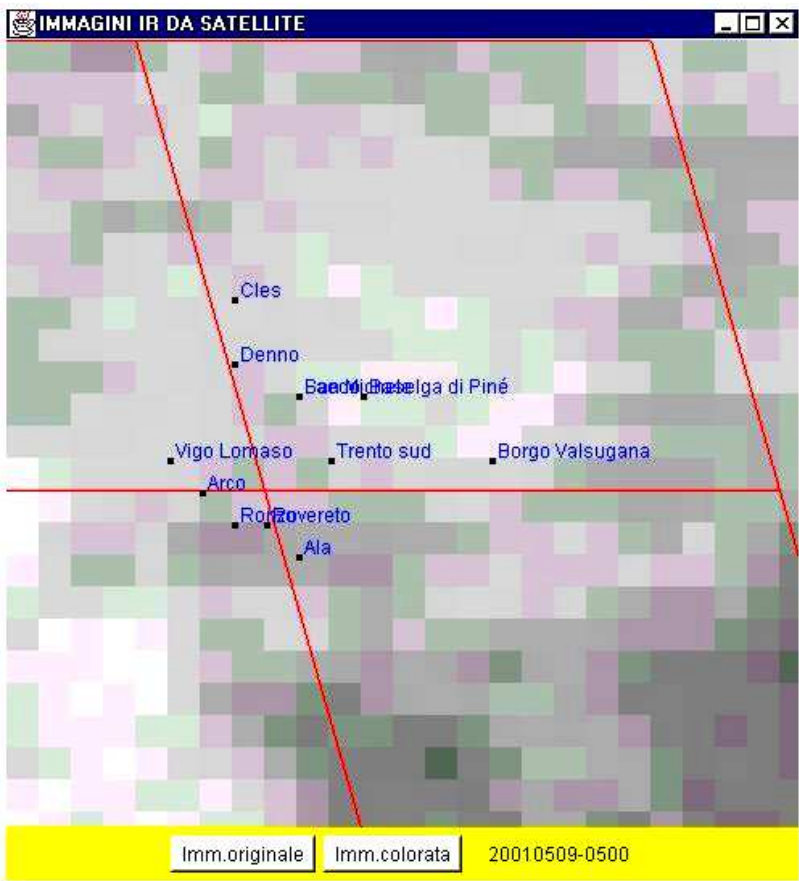


Figura 3. Immagine IR del satellite METEOSAT elaborata dal programma. Le linee rosse orizzontali rappresentano i paralleli 46N e 47N. Le linee rosse diagonali rappresentano i meridiani 11E e 12E. I pixel chiari sono quelli con maggiore nuvolosità.