

Criteri per la generazione delle allerte

Lorenzo Leoni, Davide Salvetti, Matteo Verzeroli

31 gennaio 2022

1 Presentazione dei criteri

1.1 Arrivo di una perturbazione meteorologica

Esistono due differenti approcci per prevedere l'andamento delle condizioni meteorologiche a partire dalle rilevazioni della pressione atmosferica p_{atm} :

- *generale* (analisi della p_{atm} in termini assoluti): se la pressione è inferiore a 1000 hPa, allora è probabile che il tempo volga brutto; tale probabilità aumenta in presenza di venti meridionali e di un'umidità superiore al 50 %. Se, invece, la pressione è superiore a 1025 hPa, allora è probabile che il tempo tenda al bello; tale probabilità aumenta in presenza di venti settentrionali e di un'umidità inferiore al 60 %;
- *specifico* (analisi della p_{atm} in termini di variazioni temporali): un calo di 1-2 hPa in 3 ore precorre un peggioramento che si manifesta entro le prossime 24-48 ore, una diminuzione superiore a 2-3 hPa in 3 ore entro le prossime 12-24 ore, mentre un calo di 5-6 hPa in 3 ore sta a indicare un peggioramento imminente per di più da associare a una perturbazione violenta.

La pressione atmosferica, inoltre, è soggetta a un andamento periodico nel corso del giorno:

- primo minimo alle ore 4;
- primo massimo alle ore 10;
- secondo minimo alle ore 16;
- secondo massimo alle ore 22.

Pertanto, è importante innanzitutto destagionalizzare la serie storica affinché possano essere studiate le variazioni relative esclusivamente a un cambiamento delle condizioni meteorologiche.

Modus operandi Utilizzando i criteri sopra descritti, è possibile prevedere lo sviluppo del tempo atmosferico con largo anticipo rilevando le variazioni di pressione in una finestra temporale di 3 ore, quindi non si ritiene opportuno definire una modello stocastico (es. ARMA) per la p_{atm} a scopo predittivo.

Proposta di algoritmo Ai temporali sono associati i cumulonembi, ossia nubi a sviluppo verticale all'interno dei quali sono presenti forti correnti ascensionali. L'idea è quella di combinare l'andamento locale della pressione atmosferica, primo campanello d'allarme associato a un cambiamento meteorologico, con l'individuazione di fronti temporaleschi nelle vicinanze della località d'interesse che potrebbero entro un'ora (caso peggiore) sopraggiungere. Il sistema di allerta potrebbe essere realizzato mediante l'implementazione delle seguenti fasi:

1. *previsione*: analisi dell'andamento locale della pressione atmosferica. Se la p_{atm} è calata di 5-6 hPa nelle 3 ore passate, allora è probabile che un temporale si stia avvicinando, pertanto si passa alla fase successiva;
2. *individuazione*: analisi di report API contenenti informazioni sulle tipologie di nubi osservate (l'obiettivo sono i cumulonembi), sulla velocità e direzione del vento a 500 hPa relativi a stazioni meteorologiche dislocate entro un raggio di 80 km dalla località d'interesse per capire se effettivamente un fronte temporalesco si sta o meno avvicinando (basandosi sulla direzione del vento) e, in caso di esito positivo, stimare l'orario di arrivo (basandosi sulla velocità del vento).

Studiare i report di tutte le stazioni dislocate entro un raggio di 80 km è impossibile, pertanto si potrebbe utilizzare la velocità del vento locale per definire la radiale lungo la quale cercare il fronte temporalesco.

1.2 Formazione di nebbia e brina

Per prevedere le formazioni di nebbia e brina è necessario calcolare il *punto di rugiada* T_d , ossia la temperatura alla quale l'acqua contenuta nell'aria di un ambiente condensa e si trasforma in gocce d'acqua; esso viene raggiunto quando l'umidità relativa raggiunge il 100 %, cioè nell'istante in cui l'aria diventa satura e non riesce più a contenere l'umidità ambientale. Il punto di rugiada si determina tramite l'*approssimazione di Magnus-Tetens*:

$$T_d = \frac{b \cdot \alpha(T, UR)}{a - \alpha(T, UR)}$$

$$\text{con } \alpha(T, UR) = \frac{a \cdot T}{b + T} + \ln(UR), \quad a = 17,27 \text{ e } b = 237,7^\circ\text{C}$$

T (temperatura misurata): $0^\circ\text{C} < T < 60^\circ\text{C}$

UR (umidità relativa): $0,01 < UR < 1,00$

La nebbia si forma quando $T = T_d$ e in assenza di vento, mentre la brina quando $T = T_d$ con $T_d < 0$

Modus operandi La temperatura T e l'umidità relativa UR sono parametri (dalla loro combinazione si ottiene il punto di rugiada T_d) che, rispetto alla pressione atmosferica, variano più rapidamente e possono essere impiegati per prevedere la formazione di nebbia o brina in tempi brevi. Pertanto, si ritiene opportuno definire dei modelli stocastici (es. ARIMA) per T e UR a scopo predittivo.

1.3 Vento intenso

Basandosi sulla *scala Beaufort* (vedi tabella 1), un vento può definirsi intenso quando supera i 50 km/h.

Grado	Descrizione	Velocità (kns)	Velocità (km/h)
0	Calma	0 - 1	0 - 1
1	Bava di vento	1 - 3	1 - 5
2	Brezza leggera	4 - 6	6 - 11
3	Brezza	7 - 10	12 - 19
4	Brezza vivace	11 - 16	20 - 28
5	Brezza tesa	17 - 21	29 - 38
6	Vento fresco	22 - 27	39 - 49
7	Vento forte	28 - 33	50 - 61
8	Burrasca moderata	34 - 40	62 - 74
9	Burrasca forte	41 - 47	75 - 88
10	Tempesta	48 - 55	89 - 102
11	Fortunale	56 - 63	103 - 117
12	Uragano	> 64	> 118

Tabella 1: scala Beaufort della velocità del vento

Modus operandi Identificazione di un modello stocastico (es. ARMA) per prevedere l'arrivo di un vento con velocità superiore a 50 km/h.

1.4 Precipitazioni nevose

Prevedere se nevierà o meno risulta essere particolarmente complesso in quanto sono numerosi i fattori fisici e ambientali che devono essere presi in considerazione. Inoltre, sarebbe necessario conoscere lo stato della colonna d'aria sovrastante il suolo, in particolare la temperatura, fino a un'altezza di 800 m e lo zero termico, dati di cui non si è in possesso. Pertanto, ci si limita a calcolare la *quota neve*, cioè l'altitudine oltre la quale la precipitazione è formata da neve al 90%. Essa si può determinare a partire dalla *temperatura di bulbo umido* T_w , ossia la temperatura più bassa ottenibile dall'evaporazione dell'acqua nell'aria a pressione costante. Essa si calcola così:

$$T_w = T \cdot (0,25 + 0,006 \cdot UR \cdot \sqrt{\frac{p_{atm}}{1060}})$$

dove T è la temperatura, UR l'umidità relativa e p_{atm} la pressione atmosferica. Nota la T_w , la quota neve QN è data dalla seguente formula:

$$QN = Q + 10 \cdot \frac{T_w - 1}{0,06}$$

dove Q è l'altezza della località d'interesse riferita al livello del mare.

Se, per esempio, ci si trova a un'altitudine di 400 m e si misura una T_w di 2 °C, allora la quota neve è collocata a 566 m. $\Delta_Q = QN - Q$ è inferiore a 200 m e la T_w è prossima allo zero, quindi la probabilità che nevichi è elevata.

Proposta di algoritmo Dal momento in cui prevedere l'arrivo di una nevicata è difficile a causa dei numerosi fenomeni che influenzano lo stato dell'atmosfera, è possibile abbinare la previsione tramite un modello stocastico (es. ARMA) dell'evoluzione temporale della quota neve QN allo studio dell'andamento della pressione atmosferica p_{atm} ; se si fosse osservato un calo di 5-6 hPa nelle ultime 3 ore, $\Delta_Q < 200$ m e T_w è prossima a zero, allora è probabile che la perturbazione in arrivo imminente sia di carattere nevoso. La probabilità aumenta al diminuire di Δ_Q , differenza che può risultare negativa se la quota della località d'interesse Q dovesse essere inferiore alla quota neve QN .

2 Diagrammi di flusso

2.1 Processo per la generazione di allerte temporale

Legenda (figura 1):

- $T = \{\text{insieme } datetime, \text{ ossia data + orario}\};$
- $t \in A = \{x, t_0, t_f \in T, n \in \mathbb{N} | x = t_0 + n \cdot T_{up} \cup x \leq t_f\}$ con:
 - t_0 = istante temporale 24 ore precedente l'ultima rilevazione di pressione atmosferica $p_{atm}(t_f)$;
 - t_f = istante temporale relativo all'ultima rilevazione di pressione atmosferica $p_{atm}(t_f)$;
 - T_{up} = intervallo temporale che intercorre tra due rilevazioni consecutive svolte dalla stazione meteorologica d'interesse, in genere 10 min.
- $I_1 \subset A = \{\text{sottoinsieme di } A \text{ contenente gli istanti temporali relativi alle prime 2 rilevazioni di } p_{atm}(t) \text{ a partire dall'istante 3 ore precedente } t_f\};$
- $I_2 \subset A = \{\text{sottoinsieme di } A \text{ contenente gli istanti temporali relativi alle ultime 2 rilevazioni di } p_{atm}(t)\};$
- $p_{low}^{mean} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{I_1} p_{atm}(i);$
- $p_{up}^{mean} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{I_2} p_{atm}(i);$
- Δ_{old} = variazione di pressione atmosferica relativa alla precedente esecuzione dell'algoritmo;
- $t_{f,old}$ = istante temporale relativo all'ultima rilevazione di pressione atmosferica con riferimento alla precedente esecuzione dell'algoritmo;
- t_r = istante temporale in cui è stata eseguita dalla stazione meteorologica d'interesse l'ultima rilevazione di pressione atmosferica presente nel database.

2.2 Processo per la generazione di allerte nebbia e brina

Legenda (figure 2 e 3):

- $T = \{\text{insieme } datetime, \text{ ossia data + orario}\};$
- $t \in A = \{x, t_0, t_f \in T, n \in \mathbb{N} | x = t_0 + n \cdot T_{up} \cup x \leq t_f\}$ con:
 - t_0 = istante temporale 24 ore precedente l'ultima rilevazione di pressione atmosferica $p_{atm}(t_f)$;
 - t_f = istante temporale relativo all'ultima rilevazione di pressione atmosferica $p_{atm}(t_f)$;
 - T_{up} = intervallo temporale che intercorre tra due rilevazioni consecutive svolte dalla stazione meteorologica d'interesse, in genere 10 min.
- $t_1 = t_f + 1 \cdot T_{up}$ = istante temporale a cui viene svolta la predizione a 1 passo;
- $t_2 = t_f + 2 \cdot T_{up}$ = istante temporale a cui viene svolta la predizione a 2 passi;
- $t_3 = t_f + 3 \cdot T_{up}$ = istante temporale a cui viene svolta la predizione a 3 passi;
- IC_1 = intervallo di confidenza al 95 % relativo alla predizione a un 1 passo;
- IC_2 = intervallo di confidenza al 95 % relativo alla predizione a un 2 passi;
- IC_3 = intervallo di confidenza al 95 % relativo alla predizione a un 3 passi.
- $t_{f,old}$ = istante temporale relativo all'ultima rilevazione di temperatura (e umidità relativa) con riferimento alla precedente esecuzione dell'algoritmo;

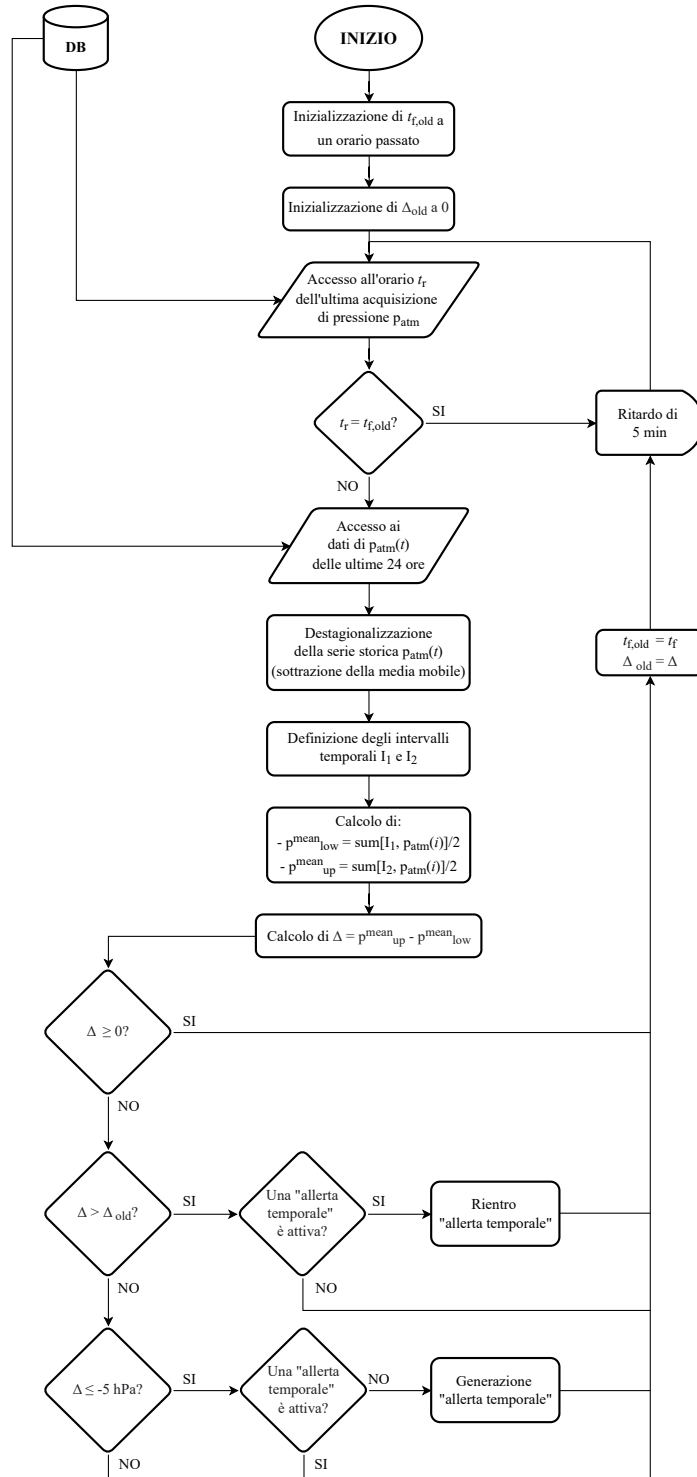


Figura 1: diagramma di flusso relativo al processo di generazione di allerte temporale.

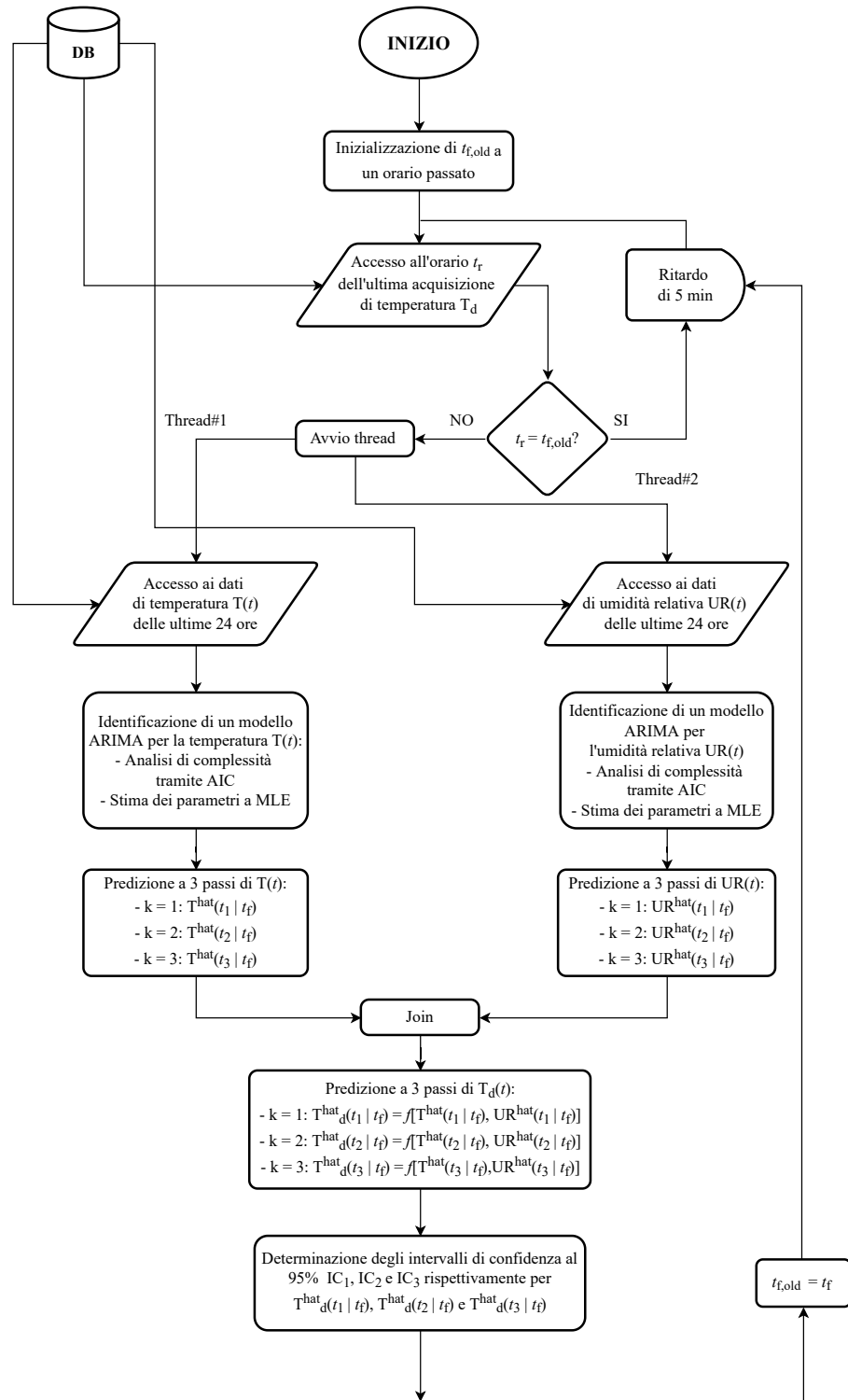


Figura 2: diagramma di flusso relativo al processo di generazione di allerte nebbia e brina (1).

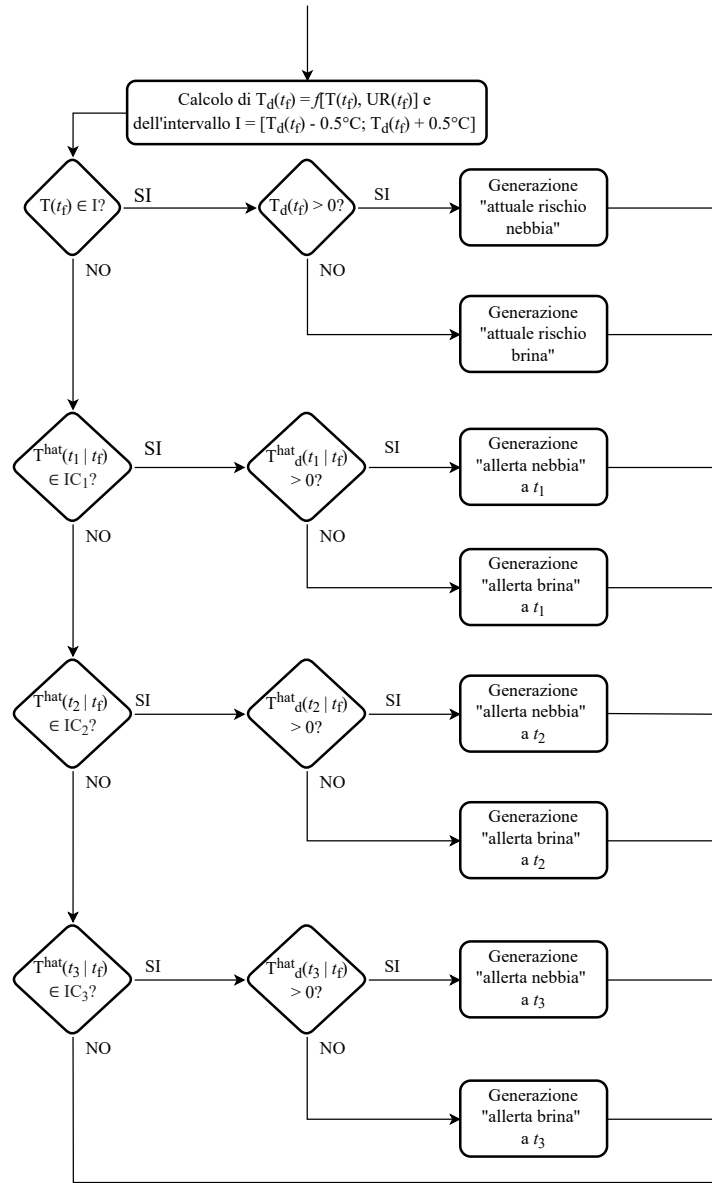


Figura 3: diagramma di flusso relativo al processo di generazione di allerte nebbia e brina (2).