



«Ensemble forecast» per i venti capoluoghi di regione italiani: Affidabilità delle previsioni a breve-medio termine di temperatura e precipitazione



Master di II livello in Meteorologia e Oceanografia Fisica

Edoardo Simonelli

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali, Università del Salento, Lecce

Introduzione

L'Ensemble Forecasting è un metodo usato nella previsione numerica che supera l'approccio deterministico, introducendo il concetto di previsione meteorologica probabilistica. Attraverso un articolato processo di assimilazione di tutte le misure meteorologiche a disposizione, si definisce l'analisi, ovvero lo stato attuale dell'atmosfera, da cui si generano diverse condizioni iniziali perturbate, la cui evoluzione spazio-temporale fornisce uno spettro di future condizioni meteorologiche. Dell'ensemble si utilizza la media che agisce come un filtro sugli errori dei singoli membri, e lo spread, ovvero lo sparpagliamento dei membri, visualizzabile con il classico "spaghetti plot", che fornisce una misura dell'incertezza della previsione, e, quindi, della predicibilità di uno stato futuro. Oltre alla possibilità di perturbare la condizione iniziale, un ensemble prediction system può essere concepito sfruttando uno stesso modello con una fisica perturbata, o ancora come un insieme di più modelli con schemi fisici differenti come nel presente caso di studio

Obiettivi

Affidabilità della previsione meteorologica a breve-medio termine di un Multi-model Ensemble del Centro Epsom Meteo: 3 membri WRF3.9 ARW, 3 membri WRF3.9 NMM, 2 membri modello ETA versione 2010

I dati delle osservazioni provengono dalle stazioni certificate di MeteoNetwork e dai bollettini Metar - Periodo di osservazione: Aprile 2017 – Settembre 2018

➤ Confronto tra osservazione e previsione della media ensemble per la temperatura al suolo per i 20 capoluoghi di regione italiani

Preliminarmente, è stata valutata la propagazione dell'errore su un orizzonte temporale di 4 giorni e, successivamente, attraverso uno studio dei percentili di temperatura, si è stimato lo spread dell'ensemble, rappresentato dai valori di deviazione standard, per valutare l'effettiva incertezza previsionale

➤ Confronto sulla precipitazione tra osservazione e previsione della media ensemble fino a due giorni di distanza per 7 città italiane: Bologna, Firenze, Palermo, Roma, Potenza, Torino, Venezia

È stato effettuato uno studio delle probabilità degli eventi di pioggia previsti e, secondariamente, un'analisi statistica attraverso alcuni indici previsionali quali l'Hit Rate, il False Alarm Rate e l'Equitable Threat Score

Risultati

Analisi dei dati di temperatura

Gran parte delle città hanno registrato, in media, uno scarto (in °C) tra osservazione e previsione pari a 1,5 per il giorno corrente fino a 1,8 nella previsione a 4 giorni. Sono riportati 2 esempi: Roma (Fig.1) e Trento (Fig.2). Trento ed Aosta hanno evidenziato errori più elevati, superiori ai 2 gradi. Al di sotto dei 2 gradi, la previsione viene considerata accettabile; un errore superiore non rappresenta una buona previsione.

In tabella 1 al di sotto del ventesimo percentile c'è l'insieme delle temperature sovrastimate, mentre al di sopra dell'ottantesimo c'è l'insieme delle temperature sottostimate.

Le figure 3 e 4 evidenziano per la città di Bologna nei primi 15 giorni del mese di Luglio 2017 l'aumento dello spread tra i membri ensemble con la distanza temporale

	Prev G. Corrente				Prev ad 1 Giorno				Prev a 2 Giorni				Prev a 3 Giorni				Prev a 4 Giorni			
	%<20	%>80	%IN	σ	%<20	%>80	%IN	σ	%<20	%>80	%IN	σ	%<20	%>80	%IN	σ	%<20	%>80	%IN	σ
Ancona	25,1	22,5	52,9	2,16	26,7	21,1	53,0	2,38	28,2	20,7	52,0	2,47	27,9	20,1	52,8	2,58	28,7	19,8	52,3	2,67
Aosta	32,0	19,9	56,1	4,20	32,5	18,8	57,5	4,47	33,9	18,4	56,3	4,49	35,0	18,7	55,7	4,60	34,5	18,6	56,2	4,67
Bari	27,6	16,9	56,2	2,25	28,0	17,9	55,4	2,56	28,7	17,7	54,9	2,67	28,8	17,8	54,6	2,78	28,2	18,1	54,9	2,84
Bologna	22,9	22,5	56,7	1,81	23,8	19,2	59,0	2,02	24,9	19,2	58,3	2,17	25,4	19,4	57,8	2,30	25,2	19,1	57,9	2,44
Cagliari	12,9	29,3	57,9	2,28	13,9	25,7	60,9	2,59	14,5	25,2	60,9	2,74	15,8	24,3	60,5	2,85	15,7	23,8	61,0	2,97
Campobasso	9,7	43,2	48,9	1,52	10,6	40,7	50,6	1,75	11,9	39,2	50,8	1,85	12,5	37,2	52,2	1,98	12,9	35,9	53,2	2,12
Catanzaro	5,0	38,3	56,8	2,14	6,1	35,2	58,9	2,47	6,8	33,6	59,9	2,59	7,0	32,6	60,6	2,73	7,4	31,6	61,2	2,83
Firenze	17,7	32,3	51,1	1,71	18,3	28,7	54,1	1,99	19,4	26,6	55,2	2,13	20,0	26,7	54,5	2,22	19,9	25,1	56,0	2,35
Genova	4,1	61,9	34,8	2,15	4,1	60,5	36,2	2,42	4,3	59,5	37,0	2,56	4,7	57,8	38,2	2,61	5,4	57,2	38,3	2,73
L'Aquila	28,2	15,0	62,2	2,84	30,0	14,4	61,0	2,95	31,2	13,5	60,0	2,96	32,3	14,2	58,8	3,06	32,2	13,0	59,4	3,10
Milano	15,8	34,5	52,0	1,81	17,5	30,6	54,5	1,97	18,3	28,6	55,7	2,07	19,5	27,9	55,2	2,16	20,3	27,1	55,3	2,28
Napoli	10,8	31,5	58,6	2,48	10,9	29,1	61,0	2,81	11,0	27,6	62,2	2,91	11,8	27,3	62,0	3,00	12,3	26,7	61,9	3,09
Palermo	15,8	30,1	54,1	2,30	15,9	27,8	56,4	2,64	15,5	26,5	58,1	2,76	15,1	26,1	58,7	2,87	14,4	25,0	60,5	2,97
Perugia	17,7	44,6	38,6	1,53	18,4	41,3	41,3	1,78	18,6	38,6	43,4	1,90	19,2	37,2	44,3	1,99	20,0	35,4	45,5	2,12
Potenza	10,4	33,3	58,7	2,12	11,4	31,2	60,3	2,31	12,9	30,2	60,1	2,45	13,3	29,3	60,4	2,55	13,7	27,7	61,7	2,69
Roma	25,0	23,6	51,8	1,91	26,7	20,1	53,8	2,23	27,3	19,3	53,9	2,35	27,2	19,4	54,1	2,46	26,9	19,1	54,7	2,59
Torino	17,1	29,4	56,3	1,89	23,4	23,3	56,1	1,91	27,5	21,5	53,9	1,98	29,7	20,9	52,3	2,10	29,9	21,0	52,2	2,22
Trento	68,6	8,4	28,4	3,07	70,9	9,2	26,4	3,42	72,3	9,3	24,9	3,50	71,9	9,6	25,2	3,53	70,0	9,3	27,2	3,58
Trieste	10,6	34,3	59,5	3,46	10,8	33,5	60,0	3,58	11,1	32,2	60,9	3,58	11,4	31,5	61,4	3,63	11,6	31,2	61,6	3,69
Venezia	27,3	19,2	54,0	2,10	29,1	19,0	52,6	2,26	30,4	18,6	51,6	2,34	29,7	19,1	51,8	2,47	30,2	19,2	51,2	2,55

Tab. 1 - Percentuali dati orari con temperatura osservata inferiore al 20° percentile (colonne gialle); percentuali dati orari con temperatura osservata superiore all'80° percentile (colonne celesti); percentuali dati orari con temperatura osservata compresa tra il 20° e l'80° percentile (colonne viola); medie sull'intero periodo di osservazione di tutti i valori orari di deviazione standard per i 4 giorni di previsione (colonne verdi)

Metodologia

I dati delle osservazioni e delle previsioni di temperatura e precipitazione sono stati depurati laddove mancanti o segno di chiaro errore strumentale

Propagazione dell'errore di temperatura: lo scarto tra la temperatura osservata e quella prevista dalla media dell'ensemble (in valore assoluto) è stato calcolato ad ogni intervallo orario, mediato sulle 24 ore giornaliere e, ulteriormente, in un valore medio mensile

Analisi dei percentili di temperatura: prendendo a riferimento il 20° e l'80° percentile tra gli 8 membri ensemble, sono state calcolate le percentuali in cui si è rimasti al di sotto del 20°, al di sopra dell'80° e comprese tra i due. È stata calcolata la deviazione standard ed è stato fornito un valore medio sull'intero periodo di studio rispettivamente per il giorno corrente e fino a quattro giorni di distanza

Studio della probabilità degli eventi di pioggia: è stata calcolata la cumulata giornaliera di pioggia registrata attraverso le osservazioni sul territorio e la cumulata prevista dal multi-model ensemble cui è stata associata, ai fini dell'analisi, il massimo delle probabilità previste ora per ora per quel dato giorno. È stato effettuato un confronto tra il numero di giorni piovosi osservati e il numero di quelli previsti fino a due giorni di distanza con probabilità superiore al 40, 60 e 80% e sono state calcolate le relative percentuali rispetto ai giorni piovosi osservati.

Indici previsionali di precipitazione: dopo aver calcolato per ogni giorno il numero degli Hits, dei False Alarms, dei Misses e dei Correct Rejections, è stato possibile calcolare i valori degli indici Hit Rate (Hr), False Alarm Rate (Fr) ed Equitable Threat Score (ETS).

$$Hr = \frac{FO}{M}; \quad (0 \leq Hr \leq 1) - Fr = \frac{FX}{FX+XX}; \quad (0 \leq Fr \leq 1) - ETS = \frac{FO-Sf}{FO+FX+XO-Sf}; \quad (-\frac{1}{3} \leq ETS \leq 1) \text{ con } Sf = Pc (FO + FX)$$

Conclusioni

L'evoluzione dell'errore medio giornaliero evidenzia la degradazione della qualità della previsione meteorologica su un orizzonte temporale esaminato di 4 giorni. Attraverso uno studio del 20° e dell'80° percentile dell'ensemble, è emerso che la percentuale dei valori di temperatura registrata racchiusa all'interno di tale fascia è risultata essere piuttosto costante con l'orizzonte temporale scelto e compresa tra il 50 e il 60% per molti dei capoluoghi studiati. Nella previsione a 4 giorni aumenta l'incertezza della stessa come testimoniato dall'incremento della deviazione standard. Riguardo la precipitazione, considerando il 40% di probabilità di pioggia prevista per il giorno corrente, sono emerse percentuali superiori al 70 per tutte le città esaminate ad esclusione di un 61% di Venezia. I risultati, inevitabilmente, peggiorano con la distanza dall'evento di pioggia e, in misura maggiore, con l'aumentare della probabilità di accadimento fissata al 60 e 80%. I tre indici previsionali di precipitazione (Hit Rate, False Alarm Rate ed Equitable Threat Score) hanno consentito di valutare la percentuale degli eventi di pioggia previsti, mancati e di falso allarme.

Bibliografia

- Ensemble-based atmospheric data assimilation, Thomas M. Hamill (2006)
- Predictability of Weather and Climate, Tim Palmer, Renate Hagedorn (2009)
- Manuale di Meteorologia, Centro Epsom Meteo
- Improving High-Resolution Weather Forecasts Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model with an Updated Kain-Fritsch Scheme, Yue Zheng (2016)
- www.meteonetwork.it
- http://www.lamma.rete.toscana.it/la-previsione-probabilistica
- http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/
- https://dtcenter.org/wrf-nmm/users/

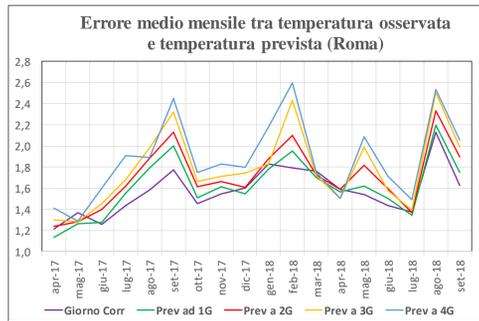


Fig. 1 - Errore medio mensile (in valore assoluto) tra temperatura osservata e prevista - Roma

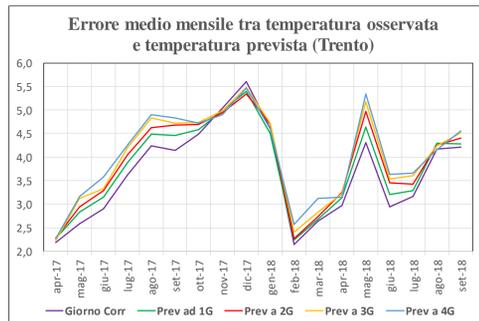


Fig. 2 - Errore medio mensile (in valore assoluto) tra temperatura osservata e prevista - Trento

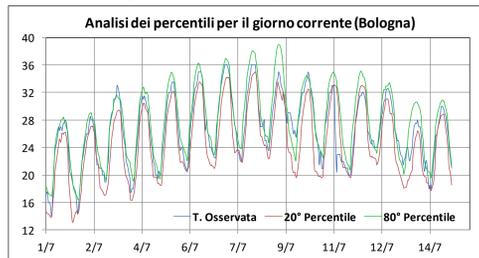


Fig. 3 - Dati orari della temperatura osservata e del 20° e dell'80° percentile per i primi 15 giorni di Luglio 2017

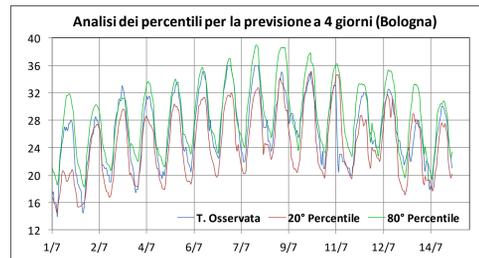


Fig. 4 - Dati orari della temperatura osservata e del 20° e dell'80° percentile per i primi 15 giorni di Luglio 2017

Analisi dei dati di precipitazione

Le figure 5, 6, 7 e 8 mostrano per Bologna il numero di giorni piovosi confrontati con quelli previsti e mancati con probabilità del 40, 60 e 80%. In tabella 2 sono indicate, invece, le percentuali per le altre città esaminate. Si tratta di valori mediati sui diciotto mesi analizzati. In tabella 3 sono riportati i tre indici previsionali di precipitazione (Hr, Fr ed ETS) per le tre previsioni temporali. Bologna, Firenze, Palermo, Potenza, Roma e Torino hanno registrato nella previsione per il giorno corrente valori dell'Hit Rate elevati, compresi tra 0,70 e 0,87. Per Venezia l'indice Hr è relativamente più basso (0,62). L'accuratezza della previsione è confermata dall'indice Fr attorno a 0,20 per tutte le città analizzate tranne che per Potenza, lievemente più alto, maggiore di 0,30. Il valore dell'indice ETS è, anch'esso in linea con quanto emerso dai primi due, attestandosi su valori positivi, complessivamente maggiori di 0,20. Gli indici Hr ed ETS peggiorano con la distanza temporale dall'evento, mentre i valori dell'indice Fr si mantengono pressoché invariati.

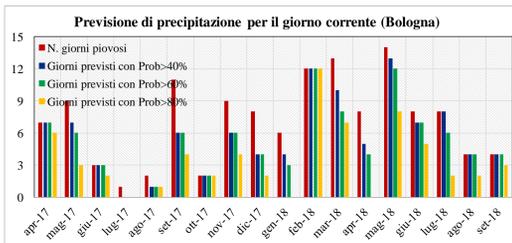


Fig. 5 - Numero di giorni piovosi confrontati con quelli previsti con le probabilità del 40, 60, 80% nella previsione per il giorno corrente

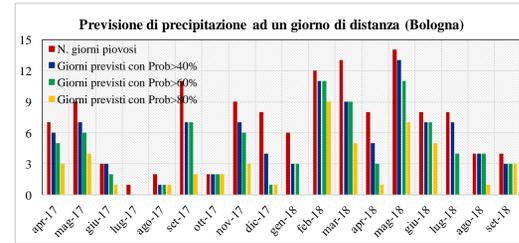


Fig. 6 - Numero di giorni piovosi confrontati con quelli previsti con le probabilità del 40, 60, 80% nella previsione ad un giorno di distanza

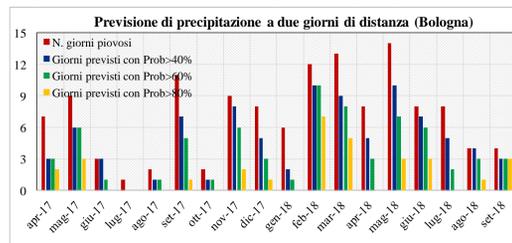


Fig. 7 - Numero di giorni piovosi confrontati con quelli previsti con le probabilità del 40, 60, 80% nella previsione a due giorni di distanza

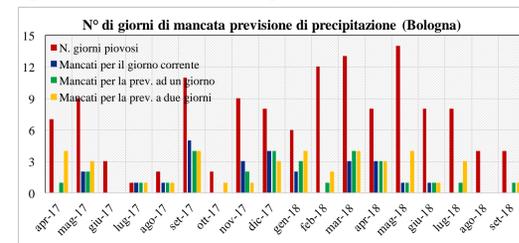


Fig. 8 - Numero di giorni piovosi confrontati con quelli non previsti dal multi-model ensemble con le probabilità del 40, 60, 80%

	% giorni piovosi prev con prob > 40			% giorni piovosi prev con prob > 60			% giorni piovosi prev con prob > 80		
	G corr	Prev a 1G	Prev a 2G	G corr	Prev a 1G	Prev a 2G	G corr	Prev a 1G	Prev a 2G
Bologna	79,8	76,7	69,0	73,6	65,9	53,5	48,8	37,2	24,0
Firenze	87,3	85,5	81,8	80,9	76,4	69,1	56,4	46,4	45,5
Palermo	72,0	62,0	60,0	53,0	48,0	43,0	26,0	19,0	19,0
Potenza	83,3	78,1	78,9	74,6	70,2	64,0	47,4	39,5	34,2
Roma	70,1	65,6	61,1	60,5	52,9	48,4	35,7	29,9	29,3
Torino	78,0	79,3	78,0	67,7	67,1	67,7	43,3	48,2	40,9
Venezia	61,7	56,8	47,6	45,6	47,6	34,0	25,2	20,4	12,6

Tab. 2 - Percentuali dei giorni piovosi previsti dal multi-model ensemble, mediate sui 18 mesi di studio

	Prev giorno corrente			Previsione ad 1 giorno di distanza			Previsione a 2 giorni di distanza		
	Hr	Fr	ETS	Hr	Fr	ETS	Hr	Fr	ETS
Bologna	0,80	0,28	0,27	0,77	0,26	0,27	0,69	0,23	0,25
Firenze	0,87	0,31	0,25	0,85	0,32	0,24	0,82	0,27	0,27
Palermo	0,72	0,24	0,23	0,61	0,21	0,21	0,59	0,19	0,21
Potenza	0,83	0,39	0,18	0,77	0,39	0,15	0,78	0,36	0,31
Roma	0,70	0,17	0,35	0,65	0,15	0,33	0,61	0,14	0,31
Torino	0,78	0,22	0,35	0,79	0,23	0,35	0,77	0,22	0,35
Venezia	0,62	0,19	0,27	0,57	0,14	0,28	0,47	0,16	0,20

Tab. 3 - Hit rate, False Alarm Rate ed Equitable Threat Score calcolati su un periodo di osservazione compreso tra il 1° Aprile 2017 e il 30 Settembre 2018