Quaderno di METEOROLOGIA APERTA N°1

CARATTERISTICHE E RAPPRESENTATIVITÀ DELLA METEOROLOGIA DI PRECISIONE NEL CONTESTO NAZIONALE ITALIANO

Massimo Crespi[1]

In Padova (Italia),
Primavera 2020

Sommario

1. SINTESI 3
2. IL CONTESTO NAZIONALE 3
2.1. LO STATO DELL'ARTE 3
2.2. IL DATABASE NAZIONALE UNIFICATO 3
3. CARATTERISTICHE DELLE RETI 4
3.1. SENSORI *IN SITU* 4
3.1.1. Reti di stazioni meteorologiche 4
3.1.2. Sensori stand alone 5
3.2. SENSORI DA REMOTO 5
3.2.1. Radar meteorologici, e loro reti regionali, nazionali ed extra nazionali 5
3.2.2. Altri sensori e reti da remoto 5
4. CARATTERISTICHE DEI DATI E DEI DATASET 5
5. RAPPRESENTATIVITÀ DEI DATI METEOROLOGICI 6
5.1. RAPPRESENTATIVITÀ DI SENSORI, STAZIONI E RETI 7
5.1.1. Rappresentatività dei sensori e delle stazioni 7
5.1.2. Rappresentatività delle reti 7
5.2. RAPPRESENTATIVITÀ DEI DATASET 8
5.2.1. Spazializzazione ed integrazione dei dati 8
5.2.2. Rianalisi e griglie 8
5.3. AMBITI DI UTILIZZO DEI DATI METEOROLOGICI DI PRECISIONE 9
5.4. SINTESI E CONCLUSIONI: IL PIXEL METEOROLOGICO CONVENZIONALE 10
5.4.1. Un unico pixel 10
5.4.2. La scelta di 1 kmq e sua mitigazione 11
5.4.3. La convenzione come strumento 11
6. NOTE 11
7. BIBLIOGRAFIA 12

1. SINTESI

La meteorologia e la climatologia hanno assunto un ruolo sempre più significativo nella vita economica e sociale. Quando esse vanno ad incidere in ambiti gestionali, decisionali e contrattuali, assumendo per questi ultimi anche un carattere probatorio, devono essere portatrici di una informazione chiara, precisa e scientificamente fondata. Una adeguata scelta dei sensori, delle stazioni, delle reti, della tipologia di dataset e di tecniche appropriate di analisi, può rispondere efficacemente a questa richiesta e conseguire livelli di rappresentatività molto avanzati, i quali vanno comunque riferiti allo specifico impiego e definiti convenzionalmente.

2. IL CONTESTO NAZIONALE

2.1. LO STATO DELL'ARTE

Lo stato dei sistemi di monitoraggio meteorologico presenti in Italia restituisce un quadro disomogeneo poiché, priva di un Servizio Meteorologico Nazionale, la meteorologia poggia su attori, competenze ed Istituzioni diverse, ed anche su di una partecipazione significativa di organizzazioni non pubbliche. Le principali reti di stazioni *in situ* e di radar meteorologici afferiscono al Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, al Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, alle regioni (ARPA, protezione civile, difesa del suolo, servizi agrometeorologici, ecc.), ad associazioni e ONLUS, ad aziende ed enti che operano sul territorio (consorzi di bonifica, utility, aeroporti). In questo contesto le reti non pubbliche stanno acquisendo un rilievo crescente, sia perché si tratta di reti a norma WMO, e sia perché, ad esempio nel nord est del Paese, si tratta in buona parte di reti certificate; le reti ufficiali, invece, non sempre sono in linea con la normativa WMO. Pur tuttavia questo insieme, essendo caratterizzato da una buona densità di stazioni, da una significativa profondità storica e da sensori anche avanzati, fornisce una copertura nazionale adeguata ed una solida base di dati per applicazioni che richiedono sia una visione unitaria e coordinata che un dettaglio di scala piuttosto spinto.

In merito alle modalità di utilizzo in questo ambito dei dati da fonte pubblica, si fa riferimento alle "Linee Guida dell'Agenda per l'Italia digitale"[2] della Presidenza del Consiglio dei Ministri, alla "*Open Data Directive*" dell'Unione Europea[3] ed alle linee guida, alle politiche ed alle strategie adottate dalla WMO[4] e dall'ISTAT[5].

2.2. IL DATABASE NAZIONALE UNIFICATO

Si è quindi reso necessario riportare ad un sistema nazionale e coordinato la sensoristica meteorologica diffusa sul territorio. La realizzazione di questo database unitario ha consentito il pieno utilizzo e la significativa valorizzazione di una infrastruttura strategica comune, perché realizzata e gestita con fondi pubblici, sia per fini cogenti, quali il monitoraggio del cambiamento climatico, che per vocazioni multiple, grazie all'aggregazione di conoscenze da parte di enti, aziende e cittadini.
Questo processo ha avuto inizio con la selezione qualitativa attraverso cui, definite le tipologie di stazioni, di sensori e di dati ritenuti idonei all'impiego, si è provveduto a censire e ad integrare nel sistema:

- circa 5.000 stazioni *in situ* facenti capo ad oltre 30 reti che raccolgono dati meteorologici orari e giornalieri;
- circa 30 radar meteorologici, la quasi totalità in banda C, afferenti al Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, alle regioni e ad altri enti;
- alcune reti di monitoraggio dei fulmini che utilizzano nuove tecnologie in grado di monitorare e distinguere le fulminazioni nube-terra (*CG, Cloud to Groud*), all'interno delle nubi (*IC, In Cloud*) e nube-nube (*CC, Cloud to Cloud*).

Poiché la quasi totalità delle caratteristiche richieste a questi sensori non è verificabile direttamente, l'analisi è stata traslata sulle organizzazioni che realizzano, gestiscono e utilizzano le reti, per valutare se queste fossero in grado di fornire una adeguata garanzia in merito al rispetto degli standard fissati, oppure sulla verifica del conseguimento di certificazioni formali o infine sulla corrispondenza di queste reti alle linee guida espresse dalla WMO, organismo normatore di riferimento.

3. CARATTERISTICHE DELLE RETI

In dati meteorologici sono raccolti da strumenti di misura, definiti sensori, che individuano i valori quantitativi attribuibili ad una determinata variabile. Normalmente una stazione meteorologica contiene al proprio interno più sensori, ed è a sua volta parte di una rete di osservazioni costituita da più stazioni. I sensori, quindi, rappresentano il punto terminale di un insieme articolato alla cui efficacia concorrono principalmente i seguenti fattori:

- ubicazione delle stazioni;
- tecnologie di misura;
- modalità di trasmissione;
- manutenzione ed aggiornamento;
- validazione ed elaborazioni diverse.

I sensori appartengono a due categorie principali:

- sensori *in situ* (stazioni meteorologiche al suolo);
- sensori da remoto (radar e satelliti meteorologici).

3.1. SENSORI *IN SITU*

3.1.1. Reti di stazioni meteorologiche

Vengono utilizzati i dati provenienti dalle seguenti tipologie di rete:

- **certificate**: si tratta di reti sottoposte a procedure formali di certificazione per quanto riguarda la tipologia di strumentazione installata, il posizionamento dei siti di rilevazione, le procedure di manutenzione e la validazione dei dati;
- **a norma WMO:** si tratta di reti afferenti ad associazioni, organizzazioni di ricerca, ONLUS, aziende di gestione del territorio che applicano le procedure di installazione, gestione, manutenzione e validazione definiti nelle Linee guida della WMO;

- **ufficiali**: si tratta di reti afferenti ad enti ed organizzazioni governative legalmente preposti al monitoraggio meteorologico-ambientale; l'ufficialità non garantisce la corrispondenza ai parametri WMO.

3.1.2. Sensori stand alone

I sensori e le stazioni isolate non vengono normalmente utilizzati. Se ne può considerare l'utilizzo se in funzione da alcuni anni, se dotati di certificazione o se a norma WMO.

3.2. SENSORI DA REMOTO

3.2.1. Radar meteorologici, e loro reti regionali, nazionali ed extra nazionali

Per la definizione ad elevato dettaglio spazio-temporale delle precipitazioni, in particolare se intense, vengono utilizzati i dati acquisiti dai radar meteorologici, e loro reti, installati e gestiti dalle regioni, dall'Aeronautica Militare, dal Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, dalle organizzazioni di ricerca e dai servizi meteorologici, o analoghi, delle nazioni limitrofe.

3.2.2. Altri sensori e reti da remoto

Altre tipologie di sensori a tecnologia avanzata e consolidata possono concorrere ad una migliore e più dettagliata definizione dell'evento meteorologico:

- **Reti di rilevamento dei fulmini:** per questa tipologia di monitoraggio, che consente anche l'analisi di dettaglio delle precipitazioni convettive intense, vengono impiegati i dati raccolti dalle reti di monitoraggio di nuova generazione, in grado di discernere le fulminazioni *Cloud to Ground (CG), In Cloud (IC)* e *Cloud to Cloud (CC)*;
- **Satelliti meteorologici geostazionari e polari:** vengono utilizzati per una ulteriore definizione e verifica di carattere qualitativo dei fenomeni meteorologici.

4. CARATTERISTICHE DEI DATI E DEI DATASET

I dati meteorologici così raccolti vengono considerati, in linea di massima, qualitativamente affidabili in rapporto all'uso cui sono destinati. Essi devono però venir valutati anche sotto altri profili, poiché la qualità dei dati come tale è condizione necessaria ma non sufficiente per la loro acquisizione definitiva, essendo destinati a ruoli di rilievo e multipli, ed in particolare ai seguenti:

- aggiornamento del database;
- aggregazione a dataset con griglie di diversa risoluzione;
- utilizzo operativo dei dati storici e *near real-time*.

Vanno quindi verificate anche altre caratteristiche che mirano a definire un perimetro di dati e di dataset che siano chiaramente connotati, fruibili e robusti. La stessa evidenza viene richiesta anche per le procedure impiegate.

Caratteristiche dei dati:

- **disponibilità**: resi disponibili secondo i criteri *open data*;
- **accessibilità**: in formati standard;
- **gratuità**: cessione gratuita nei formati fruibili;
- **continuità**: inseriti in una serie storica consistente;
- **fruibilità**: acquisibili in tempi utili;
- **terzietà**: non riferibili a parti;
- **trasparenza**: corredati dai metadati;
- **univocità**: che si prestano ad una unica interpretazione.

Caratteristiche dei dataset:

- **continuità:** nel tempo e nello spazio;
- **copertura:** adeguata e consistente;
- **invarianza:** nel tempo dello stesso dataset nativo;
- **omogeneità:** costanza nel tempo e nello spazio della rappresentatività;
- **rappresentatività:** definita.

Procedure utilizzate:

- **integrazione:** anche tra sensori diversi;
- **rianalisi**: analisi retrospettiva;
- **spazializzazione:** implementazione di griglie regolari a varia risoluzione.

5. RAPPRESENTATIVITÀ DEI DATI METEOROLOGICI

"La rappresentatività di un'osservazione è il grado con il quale essa descrive il valore della variabile richiesta per un determinato scopo. Pertanto, ad ogni tipo di osservazione corrisponde una propria rappresentatività, che è il risultato della valutazione congiunta dello strumento, dell'intervallo di misura e della sua ubicazione, in relazione alle esigenze di una specifica applicazione."
WMO "*Guide to Instruments and Methods of Observation - Volume I - Measurement of Meteorological Variables*" (WMO-No. 8, 2018, Cap. 1.1.2).

Questo concetto viene utilizzato per definire l'estensione spaziale della regione attorno al punto d'osservazione per la quale il valore di una determinata quantità osservata può esser ritenuto valido. Ossia, la rappresentatività di un valore osservato descrive il concetto che il risultato di un'osservazione fatta in un determinato punto specifico possa essere compatibile con il risultato di altre osservazioni della stessa quantità fatte in altri punti specifici.

Sia la Guida WMO che l'ampia letteratura sull'argomento stigmatizzano come la rappresentatività sia strettamente collegata alla funzione cui sono destinati i dati, aprendo quindi anche ad un contributo esperienziale ed euristico nella sua definizione.

5.1. RAPPRESENTATIVITÀ DI SENSORI, STAZIONI E RETI

5.1.1. Rappresentatività dei sensori e delle stazioni

I sensori meteorologici, come tutti gli strumenti di misura, sono soggetti a fattori di errore che possono essere strumentali, random, sistematici, di accuratezza, di incertezza o di altra origine; così le stazioni meteorologiche le quali, a loro volta, possono scontare inadeguatezze dovute all'ubicazione, alla manutenzione, alla trasmissione o all'elaborazione dei dati. Inoltre, i parametri meteorologici sono variabili nel tempo e nello spazio; nella maggior parte dei casi queste variazioni vengono colte dai sensori standard, in altri esse sono di difficile o impossibile individuazione, anche per motivi strutturali. Un'inversione termica significativa negli strati d'aria prossimi al suolo non può venir misurata da un termometro che, per essere a norma, deve essere ubicato ad una quota compresa tra 1,25 m. e 2 m.; una raffica di vento forte può venir sottostimata in modo significativo se l'anemometro non è posto a 10 m. di altezza; un temporale intenso può sfuggire ad una rete di stazioni *in situ*.

I radar meteorologici, da parte loro, possono subire processi di attenuazione, sono soggetti a sovra-sottostima, non forniscono un valore preciso in quanto i valori di riflettività in dBZ devono essere convertiti in intensità di precipitazione (mm/h) secondo equazioni diverse in funzione della tipologia di precipitazione.

In termini generali, nell'analisi dei fenomeni alla mesoscala il valore puntuale misurato da singole stazioni meteorologiche o da singoli sensori si considera mediamente rappresentativo per un raggio di 10-30 km rispetto alla loro ubicazione, mentre i radar meteorologici in banda C lo sono per un raggio di 125 km, nell'ambito del quale forniscono un valore per ogni 1 kmq dell'area.

5.1.2. Rappresentatività delle reti

Il concetto di rappresentatività si può riferire al singolo sensore oppure alla singola stazione meteorologica oppure alla singola rete oppure infine all'insieme delle reti, pur costituite anche da sensori diversi (stazioni meteorologiche, radar, sensori dei fulmini). Una stazione od un sensore isolato hanno comunque, in assoluto, una rappresentatività largamente inferiore a quella conseguita mediante l'impiego di più sensori, anche di diversa tecnologia, e di co-variabili ausiliarie.
Essa dipende da molti fattori; in letteratura vengono indicati alcuni standard generali che sono correlati allo scopo della misura; richiedono un dettaglio elevato le applicazioni agrometeorologiche o ambientali, minore quelle alla mesoscala o globali. Gli standard cambiano anche in funzione dell'assetto topografico dei territori, essendo superiore la variabilità in aree di montagna rispetto a quelle di pianura, dell'omogeneità climatica, della tecnica di misura, dell'ubicazione, dell'uso del suolo, della trasmissione e validazione dei dati e così via.

La rappresentatività spaziale dei singoli sensori meteorologici e delle stazioni, indicata in un raggio di circa 10-30 km dalla loro ubicazione, non considera una struttura a rete, la quale consente di operare una copertura ridondante del territorio, per cui un singolo punto viene attinto da più misure, anche di matrice diversa (pluviometro e radar); ciò produce una maggior garanzia di acquisizione del dato, una sua verifica per confronto ed anche una sua più efficace spazializzazione.

Poiché il contesto nazionale di riferimento è strutturato in reti, la rappresentatività viene definita per questo specifico assetto, piuttosto che per singolo sensore o stazione, andando ad individuare quell'unità areale

minima convenzionale cui è possibile abbinare un medesimo valore. L'ampiezza di quest'area è funzione della densità della rete, della tipologia di sensori che concorrono alla misura e dell'uso cui sono destinati i dati; in base all'attuale consistenza nazionale delle strutture di misura, il valore di 1 kmq è appropriato ed in grado di contemperare le esigenze di rappresentazione dettagliata dei fenomeni meteorologici e di loro adeguamento alla risoluzione spaziale richiesta. Esso viene conseguito anche con il supporto delle informazioni acquisibili dalle co-variabili ausiliarie (ad es. DTM, carte di uso del suolo, dati radar).

5.2. RAPPRESENTATIVITÀ DEI DATASET

5.2.1. Spazializzazione ed integrazione dei dati

Nelle applicazioni di precisione, il dato meteorologico viene abbinato a finestre spazio-temporali delimitate; la ragionevole assenza di una stazione meteorologica sul punto specifico comporta quindi la definizione di alcuni criteri di rappresentatività territoriale, adeguata e proporzionata all'esigenza specifica. Questo obiettivo viene conseguito mediante la spazializzazione del dato, processo che sta ad indicare le modalità secondo le quali il valore attribuito ad un punto non è rappresentato da un solo dato misurato nel suo intorno da un determinato sensore, bensì dal valore ricavato dall'insieme di sensori che attingono quel punto, e questo valore viene esteso all'area che esso rappresenta.

L'operazione di spazializzazione non consiste in una mera interpolazione geo-statistica, bensì nella modellazione dei parametri statistico-climatologici che determinano la particolare distribuzione spaziale dei valori della variabile meteorologica d'interesse; essa viene effettuata con il metodo della rianalisi.

5.2.2. Rianalisi e griglie

La rianalisi (o analisi retrospettiva) dei dati meteorologici costituisce una delle principali acquisizioni della meteo-climatologia recente, essa rappresenta uno strumento fondamentale di studio della variabilità climatica e di comprensione dei meccanismi climatici. Questa tipo di elaborazione definisce il metodo scientifico impiegato per realizzare un archivio globale delle modalità secondo le quali cambiano nel tempo i parametri meteorologici. In essa vengono combinati i modelli di simulazione con le osservazioni reali, per generare una valutazione sintetica dello stato dell'atmosfera. La rianalisi consente di sviluppare dataset sull'andamento meteo-climatico trascorso, sia vicino (*near real-time*) che storico.

La serie temporale degli stati passati dell'atmosfera viene riprodotta in tutti i suoi aspetti su griglie tridimensionali, ossia matrici, che coprono la superficie terrestre e ricostruiscono anche il profilo verticale delle variabili meteo-climatiche. Prodotto della rianalisi è quindi la distribuzione dei dati su griglie regolari di diversa dimensione, secondo l'accuratezza richiesta per un determinato impiego ed anche secondo la profondità temporale ritenuta idonea per fornire una visione utile delle dinamiche climatiche.

Riportare ad una griglia una serie di misure distribuite irregolarmente sul territorio è molto importante per alcuni scopi specifici:

- la riduzione della disomogeneità spaziale risultante dall'impiego dei soli dati puntuali delle stazioni;
- la copertura totale con un dato affidabile delle aree prive di stazioni;
- l'analisi climatica e meteorologica;

- l'elaborazione di indici a scale diverse;
- l'input a modelli statistico/matematici.

I dataset di rianalisi sono prodotti apprezzati in ambito statistico ed analitico perché forniscono dati continui e omogenei nel tempo e nello spazio, rendendoli semplici da impiegare nelle varie applicazioni in quanto non affetti dall'elevata irregolarità spazio-temporale delle misure tradizionali. Il potenziale della rianalisi viene massimizzato in contesti come quello italiano, in grado di calibrare il processo con registrazioni storiche consistenti e con una copertura di rete sufficientemente densa ed omogenea.

Per conseguire risultati di qualità è molto importante che il setup analitico specifico venga impiegato senza modifiche su tutto l'arco temporale di validità, al fine di evitare l'introduzione di tendenze spurie e di tipo artificiale. Infatti, un dataset che fosse costituito da griglie di diversa risoluzione in base al momento di validità, comprometterebbe la propria omogeneità temporale, generando una spazializzazione dei dati su celle di area diversa ed introducendo una variabilità della rappresentatività del dato, con una conseguente ingerenza negativa delle griglie a maglia più grossolana. A setup costante invece, le celle che costituiscono la griglia su cui poggia il dataset sono sempre le stesse, favorendo in questo modo una rielaborazione agevole ed omogenea dei dati.

Le griglie sulle quali vengono restituiti i risultati del processo hanno dimensioni variabili, si possono utilizzare scale ampie per la rappresentazione di fenomeni globali e via via più definite per esigenze più dettagliate, secondo le disponibilità di dati ed i modelli impiegati; non vanno sottovalutate le risorse di calcolo ed economiche necessarie in rianalisi spinte. Per l'Italia, la consistenza di dati meteorologici storici e le tecnologie adottate consentono di raggiungere un passo di griglia di 1 km, di ottenere quindi questo livello di definizione massima per i prodotti della rianalisi meteorologica, i quali devono a loro volta assicurare la necessaria omogeneità nel setup dei dataset.

Il pixel di 1 kmq indica anche il limite al di sotto del quale la rappresentatività perderebbe non solo di consistenza numerica, ma anche di credibilità.

5.3. AMBITI DI UTILIZZO DEI DATI METEOROLOGICI DI PRECISIONE

L'evoluzione tecnologica richiede di basare i processi operativi e decisionali su di un numero crescente di variabili; tra queste compare con sempre maggior frequenza quella connessa ai fenomeni atmosferici, la cui dinamica incide in termini significativi sia sul breve che sul medio-lungo periodo. La meteorologia e la climatologia hanno conseguito un livello di innovazione tale da poter corrispondere a questa esigenza, e fornire rappresentazioni puntuali degli eventi atmosferici. Ma non solo, recenti acquisizioni scientifiche hanno consentito di attualizzare e riaggregare valore aggiunto anche a tutto l'insieme dei dati meteorologici storici raccolti nel corso dei decenni. Operare su questo *continuum* temporale di dataset (storici, *near real-time* e previsionali) ha incrementato notevolmente la rappresentatività di questi dati, aprendo al loro utilizzo in ambiti decisionali, gestionali e contrattuali, per i quali sussiste l'esigenza che il fenomeno occorso, o la sua casistica temporale, venga ricondotto a valori, o quanto meno a range di valori, e ad un quadro spazio/temporale definiti e specifici.

Un loro impiego massivo si riscontra oggi nella gestione del rischio, ove essi alimentano tutta l'attività di *assessment* collegata alle avversità meteorologiche, supportando anche l'adozione delle politiche di prevenzione dei danni conseguente ad eventi atmosferici avversi. Ma la stessa disponibilità di serie storiche consente anche le analisi di medio-lungo periodo necessarie alla sperimentazione di nuovi strumenti

assicurativi (polizze parametriche), per le quali è necessario lo sviluppo di indici meteo-climatici robusti, quindi basati su data set di adeguato respiro storico.

Anche la contrattualistica in genere, non solo quella assicurativa, può prevedere clausole, operanti al verificarsi di determinate situazioni meteorologiche o al raggiungimento di determinati valori soglia, di limitazione della responsabilità contrattuale o di condizionalità delle obbligazioni pattuite tra le parti. In queste situazioni il fornitore dei dati meteorologici, soprattutto se accettato da entrambe le parti, deve garantire professionalità, obiettività e terzietà, ed essere in grado di sostenere scientificamente l'attendibilità dei dati forniti.

Analogamente, in ambito forense, sia nel ruolo di CTU che di CTP, il consulente deve essere in grado di offrire un quadro rappresentativo che colga con precisione le dimensioni del fenomeno e la finestra spazio/temporale in cui si è verificato, sostenendolo con un approccio oggettivo, e quindi basato su dati ufficiali e su elaborazioni di matrice scientifica.

Per le aziende e le organizzazioni che operano a stretto contatto con il territorio fisico, come nell'agricoltura o nella gestione delle acque o in quella ambientale in genere, la meteorologia è da sempre una componente importante sia nelle attività operative che in quelle di programmazione e di progettazione. La possibilità di accedere a prodotti più raffinati consente però di applicare soluzioni digitali e di tipo smart ad elevata sostenibilità. Va anche sottolineato che, per queste ultime applicazioni, la stessa WMO accetta il fatto che le strumentazioni non siano aderenti alle proprie linee guida, in quanto l'esigenza operativa, puntuale e finalizzata del dato meteorologico può contrastare con un elevato livello di rappresentatività e di spazializzazione territoriale del dato stesso.

5.4. SINTESI E CONCLUSIONI: IL PIXEL METEOROLOGICO CONVENZIONALE

"*In the simplest terms, if the data can answer the question, it is representative*" (Ramsey and Hewitt, 2005).

Della rappresentatività dei dati meteorologici si occupa un ampio scenario internazionale, dalla WMO, organismo di riferimento, ad una diffusa comunità scientifica, ad enti ed organismi tecnici, operativi e normatori, al mondo dell'economia e dell'ambiente, ad organizzazioni di cittadini; tutti costoro ne subordinano la definizione a varie considerazioni di carattere tecnico-scientifico o legale-amministrativo, ma sempre e comunque poste in relazione con le finalità e le modalità di impiego dei dati.

L'individuazione di un valore convenzionale di superficie che funga da pixel minimo di rappresentatività non è quindi di immediata acquisizione, ma è la risultante di un processo complesso, nel quale devono trovare sintesi le tecnologie che possono sostenerla, ma anche le esigenze specifiche della funzione, e quindi la componente pragmatica ed euristica che possa farla ragionevolmente condividere, sulla base di un consistente patrimonio di esperienza derivante da un uso diffuso.

5.4.1. Un unico pixel

Una prima considerazione finale consiste nell'assunto che, per le applicazioni di precisione, è opportuno individuare un unico pixel di riferimento per tutti i parametri meteorologici, sia per i dati raccolti in tempo reale che per quelli oggetto di rianalisi, in quanto:

- i dati meteorologici raccolti in tempo reale vanno essi stessi ad alimentare il dataset dei dati storici;
- i dataset devono essere costanti nel tempo e nello spazio; nei processi di rianalisi, infatti, una diversa spazializzazione dei dati ne compromette l'omogeneità introducendo ingerenze negative.

5.4.2. La scelta di 1 kmq e sua mitigazione

Una seconda considerazione finale consiste nell'individuazione di 1 kmq come superficie minima, o pixel, di rappresentatività, in quanto:

- fornisce una rappresentazione dettagliata dei fenomeni meteorologici;
- è sostenibile dalle tecnologie impiegate;
- è adeguato alle esigenze operative di scala;
- è credibile e condivisibile;
- è una base consistente di uniformazione dei dataset per tutte le applicazioni.

Da un punto di vista meramente operativo, l'applicazione pedissequa di questa unità di superficie può venir mitigata, ad esempio estendendo il valore di un pixel anche a quelli limitrofi per un breve intorno.

5.4.3. La convenzione come strumento

Una terza considerazione finale consiste nell'assunto che la convenzionalità, che sta alla base della definizione della rappresentatività, pur con le medesime motivazioni sin qui espresse, potrà portare ad un valore diverso, a fronte di nuove esigenze o di un avanzamento delle tecnologie.

6. NOTE

1) Massimo Crespi: già Ispettore del Corpo Forestale dello Stato-Ministero Agricoltura e Foreeste, Direttore del Centro Sperimentale per le valanghe e la difesa idrogeologica di Arabba (Regione Veneto), Direttore del Centro Meteorologico di Teolo (ARPA Veneto), Direttore della Ricerca e Comunicazione di ARPA Veneto, Direttore Generale della Pianificazione e Programmazione della Regione del Veneto, Delegato Nazionale presso la WMO dell'ONU, Direttore del Centro di monitoraggio meteorologico, ambientale ed idrologico della Unione Europea in Asunciòn (Paraguay). Amministratore unico di Radarmeteo Srl e Presidente di Hypermeteo Srl.
2) Agenzia per l'Italia digitale della Presidenza del Consiglio dei Ministri. (2018). "Dati pubblici-Linee guida patrimonio informativo pubblico".
3) Commissione Europea. (2019). *Open data directive 2019-1024*.
4) WMO: *World Meteorological Organization* (Organizzazione Meteorologica Mondiale), Agenzia tecnica dell'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite) che ha il compito di coordinare a livello globale la meteorologia, la climatologia e l'idrologia operativa.
5) ISTAT. La carta dei servizi, della diffusione e della comunicazione all'utenza.

7. BIBLIOGRAFIA

- WMO. (1972). *Casebook on hydrological network design practice* (WMO-No. 324).
- WMO. (1992). *Snow Cover Measurements and Areal Assessment of Precipitation And Soil Moisture* (WMO-No. 749). Geneva.
- WMO. (1993). *Siting and Exposure of Meteorological Instruments* (J. Ehinger). Instruments and Observing Methods Report No. 55 (WMO/TD-No. 589). Geneva.
- WMO. (2000). *Representativeness, Data Gaps and Uncertainties in Climate Observations* WMO-TD No. 977. Geneva.
- WMO. (2003). *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization* (P. Llansó, ed.). World Climate Data and Monitoring Programme (WCDMP) Series Report No. 53 (WMO/TD-No. 1186). Geneva.
- WMO. (2003). *Guidelines on Climate Observation Networks and Systems* (WMO/TD No. 1185). Geneva.
- WMO. (2006). *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sit* (WMO/TD-No. 1250; IOM Report-No. 81). Geneva.
- WMO. (2008). *Guide to Hydrological Practices* (WMO-No. 168), Volume I. Geneva.
- WMO. (2010). *Guide to Agricultural Meteorological Practices* (WMO-No. 134). Geneva.
- WMO. (2011). *Guide to Climatological Practices* (WMO-No. 100,). Geneva.
- WMO. (2014). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (WMO-No. 8). Geneva.
- WMO. (2017). *Manual on the WMO Integrated Global Observing System* (WMO-No. 1160). Geneva.
- WMO. (2017). *Quality Assessment using METEO-Cert: The MeteoSwiss Classification Procedure for Automatic Weather Stations* (IOM Report- No. 126). Geneva.
- WMO. (2018). *Guide to the WMO Integrated Global Observing System* (WMO-No. 1165). Geneva.
- U.E. (2019). *Digital technologies for a sustenable agrifood system: a strategic research and innovation agenda. ICT AGRI Seventh Framework Programme*. Copenhagen
- Orlanski, I. (1975). *A rational subdivision of scales for atmospheric processes*. Bulletin of the American Meteorological Society, 56:527–530.
- Nappo, C. J., Caneill, J. Y., Furman, R. W., Gifford, F. A., Kaimal, J. C., Kramer, M. L., Lockhart, T. J., Pendergast, M. M., Pielke, R. A., Randerson, D., Shreffler, J. H., and Wyngaard, J. C. (1982). *The Workshop on the Representativeness of Meteorological-Observations*, June 1981, Boulder, Colorado, USA, B. Am. Meteorol. Soc., 63, 761–764.
- Austin, P. M. (1987). *Relation between measured radar reflectivity and surface rainfall*. Mon. Wea. Rev., 115, 1053–1070.
- Bengtsson, L., and Shukla, J. (1988). *Integration of space and in situ observations to study global climate change*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 69, 1130–1143.
- United Kingdom Met Office (UKMO). (2003). *Statement of Guidance for Surface Climate Observations over Land Areas of the UK*. Internal report, United Kingdom Met Office, Bracknell, UK.
- De Rooy, W.C., Kok, K. (2004). *A combined physical-statistical approach for the downscaling of model wind speed*. Weather Forecast 19:485–495.
- Bengtsson, L., Hagemann, S., and Hodges, K. I. (2004). *Can climate trends be calculated from reanalysis data?* J. Geophys Res., 109.
- Q.J.R. Meteorol Soc 137:553–597., D. P. (2005). *Bias and data assimilation*. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 131, 3323–3343.

- Ramsey, C.A., Hewitt, A.D. (2005). *A methodology for assessing sample representativeness*. Environmental Forensics 6(1) 71-75.
- Sinclair, S., Pegram, G. (2005). *Combining radar and rain gauge rainfall estimates using conditional merging*, Atmospheric Science Letters, 6, 19-22.
- Stahl, K., Moore, R.D., Floyer, J.A., Asplin, M.G., McKendry, I.G. (2006). *Comparison of approaches for spatial interpolation of daily temperature in a large region with complex topography and highly variable station density*. Agr For Meteorol 139:224–236.
- Wilks, D. S. (2006). *Statistical methods in the atmospheric sciences. International Geophysics Series, Volume 91, Department of Earth and Atmospheric Sciences*, Cornell University, Elsevier.
- Caesar, J., Alexander, L., Vose, R. (2006). *Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: creation and analysis of a new gridded dataset*. J Geophys Res 111.
- Haylock, M.R., et al. (2008). *A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006.* J. Geophys. Res.: Atmos. 113(D20), D20119.
- Velasco-Forero, C. A., et al. (2008). *A non-parametric automatic blending methodology to estimate rainfall fields from rain gauge and radar data*, Elsevier Ltd.
- Henne, S., Brunner, D., Folini, D., Solberg, S., Klausen, J., Buchmann, B. (2010). *Assessment of parameters describing representativeness of air quality in-situ measurement sites*, Atmospheric Chemistry and Physics, 10, 3561-3581.
- Schiemann, R. et al. (2010). *Geostatistical radar-raingauge combination with nonparametric correlograms methodological considerations and application in Switzerland*, Hydrology and Earth System Sciences.
- Saha, S., and Coauthors. (2010). *The NCEP Climate Forecast System Reanalysis*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 91.
- Thorne, P., and Vose, R. S. (2010). *Reanalyses suitable for characterizing long-term trends*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 91, 353–361.
- Müller, M.D. (2011). *Effects of Model Resolution and Statistical Postprocessing on Shelter Temperature. Journal of applied meteorology and climatology*, Vol. 50, Nr. 8. pp. 1627-1636.
- Compo, G. P., and Coauthors. (2011). *The Twentieth Century Reanalysis Project*. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 137A, 1–28.
- Dee Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C.M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Holm, E.V., Isaksen, L., Kaallberg, P., Kohler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.J., Park, B.K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, T.J.N., Vitart, F. (2011). *The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system*.
- De Pondeca, M. S. F. V., and Coauthors. (2011). *The real-time mesoscale analysis at NOAA's National Centers for Environmental Prediction: Current status and development*. Wea. Forecasting, 26, 593–612.
- Herrera, S., Gutierrez, J.M., Ancell, R., Pons, M.R., Frias, M.D., Fernandez, J. (2012). *Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02)*. Int J Climatol 32:74–85.
- J. Bruinsma (2012). *World agriculture towards 2030/2050*. FAO
- Bosilovich, M. G., Kennedy, J., Dee, D., Allan, R., .and O'Neill, A. (2011). *On the reprocessing and reanalysis of observations for climate. Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities*, G. R. Asrar and J. W. Hurrell, Eds., Springer, 51–71.

- *Climate Data and Monitoring* WCDMP-No. 84. (2014). Eighth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases and Third Conference on Spatial Interpolation Techniques in Climatology and Meteorology.
- Frei, C. (2014). *Interpolation of temperature in a mountainous region using nonlinear profiles and non-Euclidean distances*. Int J Climatol 34: 1585–1605.
- Zhang, J., Qi, Y., Langston, C., Kaney, B., and Howard, K. (2014). *A real-time algorithm for merging radar QPEs with rain gauge observations and orographic precipitation climatology*. J. Hydrometeor, 15, 1794–1809.
- Frick, C., Steiner, H., Mazurkiewicz, A., Riediger, U., Rauthe, M., Reich, T., Gratzky, A. (2014). *Central European high-resolution gridded daily data sets (HYRAS): mean temperature and relative humidity*. Met Z 23(1):15–32.
- AA. VV. (2015). *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precision in Italia*. MPAAF.
- Durán, L., and Rodríguez-Muñoz, I. (2016). *Automatic monitoring of weather and climate in mountain areas. The case of Peñalara Meteorological Network (RMPNP).* Atmos. Meas. Tech. Discuss., doi:10.5194/amt-2015-248.
- Parker, W.S. (2016). *Reanalyses and Observations: What's the Difference?* Bulletin of the American Meteorological Society 97 (9): 1565-1572.
- *Climate Data and Monitoring* WCDMP-No. 85. (2017). Ninth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases and Forth Conference on Spatial Interpolation Techniques in Climatology and Meteorology.
- AA.VV. (2017). *Innovative cropping systems for a climate smart agriculture*. ENEA edition.
- Krähenmann, S., Walter, A., Brienen, S., Imbery, F., and Matzarakis, A. (2017). *High-resolution grids of hourly meteorological variables for Germany*. Theor. Appl. Climatol., 131, 899–926.
- A. Perego, M. Perona, F. Renga, A. Bacchetti, D. Frosi, C. Corbo, M. Pavesi, G. Bartezzaghi, P. Pezzolla (2018). *Il Glossario dell'agricoltura 4.0.* Politecnico di Milano – Osservatorio Smart Agrifood.

FSC
www.fsc.org

Radarmeteo
Professional weather services

PMI innovativa
radarmeteo.com
info@radarmeteo.com

Hypermeteo
Climate & weather grids

Startup innovativa
hypermeteo.com
info@hypermeteo.com