

STIMA STATISTICA DESCRITTIVA DI ALCUNI CASI SPERIMENTALI DI INCREMENTO ARTIFICIALE DELLE PRECIPITAZIONI

GIOVANNA JONA LASINIO (*), ARIANNA ORASI (**)
(*) Università di Roma "La Sapienza"
(**) Università degli Studi di Bologna

INTRODUZIONE

Il "Progetto Pioggia" è il nome dell'esperimento italiano di incremento artificiale della pioggia avviato nel 1986 e ispirato al modello del progetto attuato in Israele. L'esperimento fu applicato in alcune regioni del Sud Italia tra cui la Puglia sulla quale si concentrerà l'attenzione di questo lavoro di ricerca. In Puglia le operazioni di semina prese in considerazione riguardano le campagne effettuate dal 1992 al 1994. Il principale obiettivo è quello di cercare una strada alternativa a quella adottata inizialmente per la valutazione statistica dell'efficacia dell'incremento artificiale delle precipitazioni.

LE VALUTAZIONI DELL'EFFICACIA DELL'ESPERIMENTO DI INCREMENTO ARTIFICIALE DELLE PRECIPITAZIONI IN PUGLIA

La valutazione dell'efficacia dell'esperimento di incremento artificiale delle precipitazioni in Puglia è un argomento che è già stato affrontato da un gruppo di esperti (Prof. D'Aubigny, Dott. Morgan e Prof. Damiani) in collaborazione con l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria ed ha trattato i seguenti argomenti:

- la stima della durata dell'esperimento;
- l'analisi del metodo predittivo;
- la stima dell'efficacia dell'esperimento per mezzo di test statistici non parametrici;
- la stima della significatività delle statistiche stimate in base alle sperimentazioni condotte dal gennaio 1992 al maggio 1994.

L'aspetto della durata dell'esperimento è stato studiato con particolare attenzione attraverso un processo di simulazione di tipo MonteCarlo, ma nessuna conclusione definitiva è stato possibile formulare rispetto al numero di casi sperimentali necessari per rilevare l'eventuale effetto di incremento delle precipitazioni atteso a seguito dell'inseminazione delle nuvole con lo Ioduro d'Argento.

L'applicazione di un modello statistico predittivo delle precipitazioni medie areali sulle zone dell'esperimento era sembrata una soluzione ottimale ai fini della valutazione dell'efficacia dello stesso. Tuttavia il modello proposto, sebbene tenesse in

considerazione molteplici fattori, non era risultato efficiente per poter essere utilizzato nella fase di valutazione in quanto la quota di varianza associata a fluttuazioni casuali non spiegabili dalle variabili esplicative incluse nel modello è risultata molto elevata.

In risposta a tale difficoltà è stata sviluppata una metodologia di valutazione che utilizzasse tecniche esclusivamente di tipo probabilistico per mezzo di test statistici non parametrici. I test applicati ai dati sperimentali hanno risentito tuttavia del forte sbilanciamento tra la numerosità dei due campioni composti dai giorni seminati e dai giorni non seminati, essendo i secondi considerevolmente più numerosi dei primi. I dati sperimentali non hanno permesso quindi di poter esprimere con sufficiente confidenza un giudizio positivo o negativo sulla possibile efficacia dell'esperimento realizzato in Puglia. La forte disomogeneità tra le numerosità campionarie, ossia tra il numero di giorni trattati e il numero di giorni in cui la semina non è stata effettuata, ha influito in maniera negativa sull'affidabilità delle stime statistiche e non ha permesso di formulare un giudizio univoco e sufficientemente attendibile. Inoltre non è stato possibile accertare neanche l'affidabilità, ossia il grado di confidenza da accordare ad alcuni indici statistici (Single ratio, Double ratio, Root Double ratio) utilizzati a fine descrittivo.

Tutte queste considerazioni portano alla conclusione che la questione della valutazione dell'efficacia dell'esperimento resta ancora un problema aperto e da riconsiderare. In tale direzione va il lavoro di questa linea di ricerca che tenterà di avvalersi di ulteriori informazioni finora ancora non completamente investigate e cercherà di svincolarsi dal problema della numerosità campionaria che non ha permesso una corretta valutazione statistica circa l'efficacia dell'esperimento.

Il primo passo in questa direzione ha richiesto la riorganizzazione dei dati al fine di ottenere una base dati strutturata in maniera omogenea, quindi si è proceduto:

- 1) A riportare tutte le informazioni provenienti dalle diverse fonti a disposizione secondo un'unica struttura coerente e confrontabile;
- 2) all'acquisizione da supporto cartaceo dei dati pluviometrici provenienti dagli Annali Idrologici e al loro controllo di qualità; si sottolinea come questa parte del lavoro abbia allungato di molto i tempi di creazione della base dati stessa;
- 3) ad analizzare la presenza di dati mancanti per capire l'effettiva disponibilità dei dati ai fini dell'elaborazione;
- 4) ad effettuare la conversione delle immagini radar da formato pcx a jpg per rendere possibile l'elaborazione effettiva delle immagini stesse;
- 5) ad effettuare una prima analisi esplorativa dei dati di precipitazione e di altre variabili meteorologiche a disposizione, mettendoli in relazione con le osservazioni radar.

Quest'ultimo insieme di dati tuttavia è da considerarsi ad un livello qualitativo assai inferiore rispetto ai dati pluviometrici. Infatti abbiamo a nostra disposizione solamente le immagini elaborate a partire dalle rilevazioni radar nelle quali i valori di riflettività sono riportati secondo una scala colorata che ne riproduce la suddivisione in sette classi di valori. Questo tipo di rappresentazione fa sì che non sia applicabile ai dati radar nessuna delle metodologie di calibrazione¹ con dati a terra note in letteratura.

Si noti che sono disponibili le immagini radar, convertite in formato jpg, relative ai soli giorni di semina. Per il Progetto Pioggia è stato utilizzato un radar meteorologico capace di rilevare una precipitazione di 0.1 mm/h ad una distanza di 200 km. L'antenna radar ruota automaticamente di 180° ogni 20 secondi. Tali rilevazioni restituiscono:

- 1) le mappe video della riflettività radar generate a partire da punti in cui vengono rilevati i valori di riflettività misurati in DBZ per un'estensione di 4 km² e riportati ad una scala a 7 colori. La scelta del colore viene determinata dal campo di valori DBZ in cui viene a cadere il punto.

¹ valutazione della correlazione tra due insiemi di dati distinti e di qualità diversa (cfr. ad esempio G. Raspa, M.Tucci, R. Bruno *Reconstruction of rainfall fields by combining ground rain gauges data with radar maps using external drift method* (1997) Geostatistics Wollongong V.2)

- 2) le mappe della sommità delle nuvole, con colori differenti, che mostrano la presenza di nuvole a diverse altezze (espresse in migliaia di piedi).

Tutte le immagini vengono fornite in tempo reale ogni 5 minuti. Il radar è stato posizionato a Palese, quindi Bari risulta compresa nell'area sottesa da un raggio di 10 km intorno al radar, zona nella quale lo strumento è cieco.

L'apparecchiatura radar è stata introdotta per acquisire i dati necessari per l'avvio della semina e per affiancare ulteriori informazioni, nella fase di controllo dei risultati dell'esperimento, per esempio ai dati di precipitazione già raccolti dagli 80 termopluviografi installati a terra nel 1992 dall'UCEA.

E' di fondamentale importanza ottenere un collegamento chiaramente interpretabile delle immagini radar e dei dati pluviometrici raccolti dalle stazioni a terra. Al momento questo non è ancora attuabile, infatti le immagini radar in nostro possesso non ci permettono di fornire una lettura chiara e univoca del risultato delle campagne di inseminazione effettuate, dato che non sono accompagnate dai dati grezzi di riflettività che hanno permesso di crearle.

Come già accennato al punto 5) del sommario, sarà sviluppato un'apposita metodologia che ci permetterà di sfruttare al meglio le informazioni riportate nelle immagini a nostra disposizione. In letteratura sono disponibili diversi esempi di applicazione che studiano il modo per legare i dati di precipitazione registrati dai pluviometri a terra e i dati di riflettività che provengono dai radar, tuttavia questi studi prevedono l'uso di dati di riflettività non aggregati, come invece è il nostro caso. Ricordiamo infatti che nelle immagini ai fini della rappresentazione viene utilizzata una scala di 7 colori corrispondente ad altrettante classi di valori di riflettività; da queste possiamo riuscire a risalire al solo valore centrale della classe ottenendo quindi in complesso sette valori di riflettività possibili. Il dato aggregato in questo modo fa sì che si perda informazione sugli eventi di entità più piccola e sulla variabilità complessiva del fenomeno osservato.

Il nostro intento per lo sviluppo futuro della ricerca, attenendoci alle ipotesi iniziali del Progetto, è quello di implementare un metodo che permetta con un certo grado di approssimazione di legare le osservazioni radar con le osservazioni a terra relative alla quantità di pioggia, inserendo inoltre le ulteriori informazioni provenienti da alcune variabili meteorologiche là dove disponibili (direzione e velocità del vento a terra, temperatura massima e minima, pressione atmosferica). Non sono disponibili informazioni sufficienti e sistematiche sui venti in quota. La scelta di un metodo di valutazione basato sulla calibrazione delle rilevazioni radar con i dati a terra è stata effettuata sulla base di un'attenta analisi della letteratura scientifica relativa a questo argomento; negli ultimi anni infatti questa classe di tecniche è stata ritenuta la più valida nello studio delle precipitazioni. Nel nostro caso, inoltre, la costruzione di un modello corretto ed efficiente (in senso statistico) che colleghi le rilevazioni radar alle rilevazioni dei pluviometri, permetterebbe di inferire quanto accade nelle aree rispetto alle quali sono disponibili le sole rilevazioni radar.

Per quanto concerne lo svincolarsi dal problema delle diverse numerosità campionarie, si propone di procedere selezionando i giorni in cui si è effettivamente proceduto alla semina delle nuvole ed un pari numero di giorni in cui le condizioni per la semina si sono verificate ma la stessa non è stata effettuata. Per determinare questi ultimi ci si basa sulle informazioni di tipo meteorologico a nostra disposizione.

Riguardo all'uso delle informazioni ausiliarie di tipo meteorologico, da una prima analisi è apparso chiaro come sia necessario considerare congiuntamente velocità e direzione del vento. Attraverso una prima lettura congiunta delle due variabili si è cercato di stabilire se le condizioni di vento registrate durante la semina si fossero poi mantenute durante il periodo della stessa. Dopo una prima esplorazione puramente descrittiva dei valori osservati, appare chiaro come la variabilità di queste due quantità sia elevatissima anche in una finestra temporale assai ridotta; è dunque chiaro che queste due grandezze abbiano giocato un ruolo determinante nel definire l'area in cui le nuvole trattate abbiano poi scaricato il loro contenuto, è anche evidente che a fronte di un'elevata variabilità tale area possa essere mutata considerevolmente

da semina a semina e durante le stesse, rendendo assai complessa la valutazione di un'eventuale incremento della precipitazione dovuto al trattamento. Una prima indicazione che si può trarre da queste considerazioni è che un'eventuale nuovo esperimento dovrà essere disegnato tenendo conto in primo luogo del comportamento di direzione e velocità del vento nel disegno di eventuali aree di studio.

CONCLUSIONI

Una prima osservazione da fare dopo un attento esame della letteratura disponibile è che si potrebbe ottenere una valutazione ottimale (in senso statistico) dell'esperimento qualora non ci fosse una grande discrepanza tra i dati che abbiamo detto essere necessari e quelli che effettivamente sono a nostra disposizione e se questi ultimi (soprattutto le immagini radar) inoltre si riferissero anche ai giorni nei quali la semina non è stata effettuata. Ciò permetterebbe una verifica di tipo caso-controllo assai accurata. Non essendo questo possibile si procederà nei prossimi anni di ricerca ad una verifica dei casi sperimentali di stimolazione artificiale delle precipitazioni che possiamo definire sub-ottimale (sempre in senso statistico) e basata sui soli giorni di semina, secondo le direzioni delineate precedentemente. Non è ad oggi ancora possibile dare nessuna valutazione (neppure qualitativa) della validità delle tecniche applicate nell'esperimento pugliese.