

Convegno

CAMBIAMENTO CLIMATICO E ASSICURAZIONE COME STRUMENTO DI SICUREZZA ALIMENTARE

Firenze 10 febbraio 2023

**Rischi climatici e agricoltura: la visione
prospettica nella valutazione del danno a
carico delle filiere agroalimentari**

DIPARTIMENTO DI METODI E MODELLI
PER L'ECONOMIA, IL TERRITORIO E LA FINANZA
MEMOTEF



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Prof. Paolo De Angelis



- La scomposizione del rischio naturale.
- La distribuzione di probabilità del danno aggregato e i criteri di calcolo del premio assicurativo.
- Il modello generale di pricing del rischio in assicurazione.
- Il modello multifase per il pricing del rischio agro.





La scomposizione del rischio naturale



Il modello di pricing del rischio catastrofale

Il modello probabilistico per la valutazione del rischio catastrofale deriva dalla applicazione di una formula moltiplicativa nella quale intervengono 3 fattori principali [cfr., Poljansek 2017]:

- hazard rate (H): pericolosità dell'evento
- esposizione (D): asset a rischio in una determinata zona
- vulnerabilità (L): trasformazione del hazard rate per la definizione del valore della perdita.

$$R = H \times D \times L$$



La scomposizione del rischio naturale

La valutazione complessiva del rischio naturale deriva dalla combinazione di tre fattori:

- 1) la **pericolosità** (*hazard*), valutabile come probabilità di eventi catastrofici di data intensità o, simmetricamente, come intensità di eventi di data probabilità, in una data area e su un dato orizzonte temporale;
 - 2) l'**esposizione** (*exposure*), intesa come densità di costruzioni, aziende, persone, colture etc., presenti nelle varie aree;
 - 3) la **vulnerabilità** (*vulnerability*), intesa sia come suscettibilità delle esposizioni alle calamità di generare perdite sia come fragilità/resilienza del tessuto sociale presente nelle varie aree.
- Per data pericolosità, una ridotta esposizione/vulnerabilità riduce il rischio naturale.
 - Per ogni *asset*, la relazione tra danno (tra 0 e 100%) e intensità prende il nome di funzione di vulnerabilità.
 - La *coping capacity*, intesa come abilità del sistema a rispondere ex post all'evento catastrofico per mitigarne le perdite è inclusa nella vulnerabilità.





La distribuzione di probabilità del danno aggregato e i criteri di calcolo del premio assicurativo.

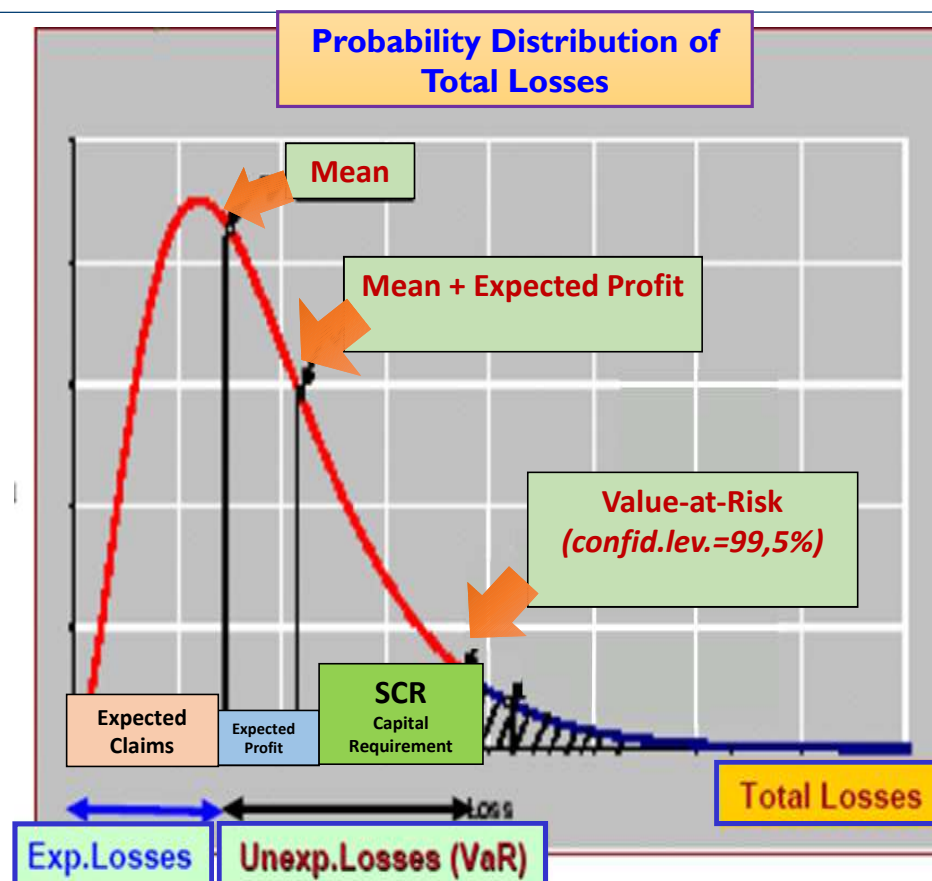


Il principio assicurativo e la distribuzione di probabilità del danno

- Un contratto può essere colpito, nel corso dell'anno, da più sinistri.
- La prestazione dell'assicuratore dipende dall'entità del singolo sinistro.

Obiettivo è pervenire alla seguente scomposizione

$$\text{esborso atteso annuo} = \text{esborso atteso per singolo sinistro} \times \text{numero atteso annuo di sinistri}$$



I modelli attuariali per il calcolo del premio assicurativo

- Sulla base delle evidenze teoriche ed empiriche rintracciabili nel contesto attuariale, si possono classificare almeno 5 principi da cui far derivare il premio assicurativo per le coperture agro.

In particolare siano, rispettivamente:

- $\pi[\tilde{X}]$: premio assicurativo.
- $E[\tilde{X}]$: valore medio della distribuzione di probabilità del danno.
- $Var[\tilde{X}]$: varianza della variabile aleatoria danno.
- $\sigma[\tilde{X}]$: devianza della variabile aleatoria danno.

identificata la forma analitica della distribuzione di probabilità della variabile aleatoria danno si possono classificare i seguenti criteri:



I modelli attuariali per il calcolo del premio assicurativo

- **Net Premium:**

- $\pi[\tilde{X}] = E[\tilde{X}]$, anche conosciuto come principio di equivalenza e basato sul calcolo del valore medio della distribuzione di probabilità in; il modello di pricing converge al modello denominato frequency/severity ovvero il premio risulta essere:

$$\pi[\tilde{X}] = \text{frequenza sinistro} \times \text{costo medio sinistro}$$

- **Expected value principle:**

- $\pi[\tilde{X}] = (1 + \alpha)E[\tilde{X}]$, anche conosciuto come premio equivalente caricato, essendo $\alpha > 0$ un caricamento di sicurezza determinato soggettivamente in ragione del grado di sicurezza che l'assicuratore vuole raggiungere.



I modelli attuariali per il calcolo del premio assicurativo

- **Variance principle**

- $\pi[\tilde{X}] = E[\tilde{X}] + \alpha Var[\tilde{X}]$,anche conosciuto come principio media-varianza, il premio è calcolato tenendo opportunamente conto del valore medio della distribuzione di probabilità del danno a cui si aggiunge un caricamento proporzionale alla varianza della variabile aleatoria danno.

- **Standard deviation principle**

- $\pi[\tilde{X}] = E[\tilde{X}] + \alpha \sigma[\tilde{X}]$,anche conosciuto come principio media-devianza, il premio è calcolato tenendo opportunamente conto del valore medio della distribuzione di probabilità del danno a cui si aggiunge un caricamento proporzionale alla devianza della variabile aleatoria danno.

- **Percentile principle**

- $\pi[\tilde{X}] = \min\{x | F_X(x) \geq 1 - \varepsilon\}$,anche conosciuto come principio del quantile, il premio è calcolato in corrispondenza di un particolare valore del danno letto sulla distribuzione di probabilità, cui corrisponde una probabilità di realizzazione superiore ad un livello di confidenza stabilito





Il modello generale di pricing del rischio in assicurazione.



Il pricing nella logica del mercato assicurativo

Caricamento di sicurezza

- Implicito
- Esplicito

Caricamento per spese

- Acquisizione
- Incasso
- Gestione



Il pricing nella logica del mercato assicurativo

- La valutazione del premio equo con approccio statistico ha il difetto di operare per “aggregati”, cioè ignora il numero dei sinistri per contratto.



Si utilizzano classi di rischio per rischi “*analoghi*”



Fattori di rischio oggettivo



Caratteristiche fisiche
Condizioni contrattuali
Condizioni di mitigazione





L'approccio multifase per il pricing del rischio agro: esperienza ISMEA.



Le fasi di un processo di pricing del rischio agro

- **Obiettivo**: costruzione di un modello di pricing di tipo risk based.
- **Data set di riferimento**: DB certificati e DB sinistri con profondità storica di informazioni rilevanti.
- **Analisi distribuzione empirica di probabilità del danno**: costruzione di indicatori di danno in funzione almeno delle seguenti informazioni: quantità assicurata, quantità danneggiata, quantità risarcita, importo richiesto, importo liquidato.
- **Impiego di metodologie di analisi statistica multivariata**: analisi matrici di correlazione; analisi in componenti principali; cluster analysis; analisi discriminante.
- **Selezione distribuzione di probabilità teorica**: individuazione della distribuzione di probabilità teorica ad elevato fitting sulla distribuzione empirica.

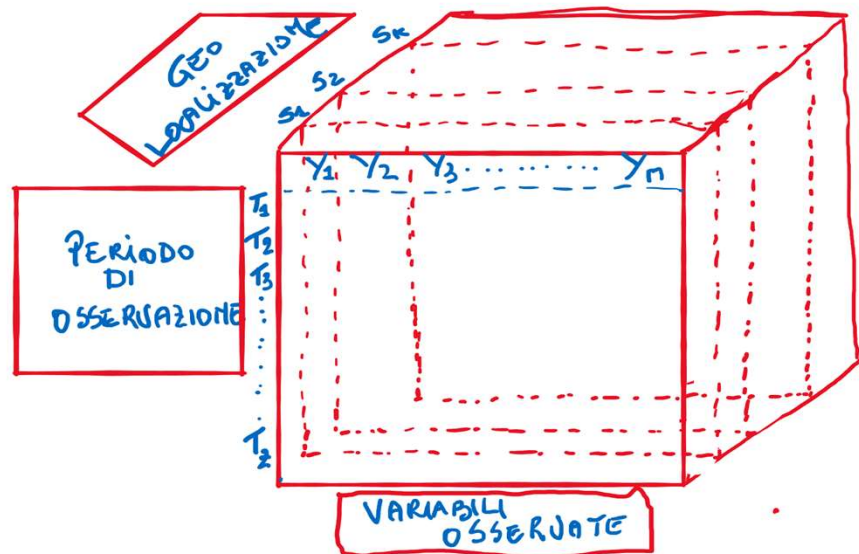


Le fasi di un processo di pricing delle coperture assicurative del rischio agro

- Definizione del tracciato record “benchmark” del DB sinistri.
- Valutazione della struttura delle informazioni, qualità dei dati e profondità storica dei DB disponibili.



Il pricing del rischio agro e la multidimensionalità del Data Set



BASE DATI: DATI METEREologici E GEOMORFOLOGICI

Data set a livello comunale

- Dati metereologici
 - Periodo di osservazione: **+ 10 anni**
 - Passo di osservazione: **giornaliero**
 - Livello di rilevazione: **singolo comune**
 - Dato rilevato*:
 - **temperature medie, minime e massime**
 - **precipitazioni medie giornaliere**
- Dati geomorfologici
 - Livello di rilevazione: **singolo comune**
 - Dato rilevato: **km quadrati** di territorio distinti rispetto alle seguenti caratteristiche:
 - **Altimetria (3 livelli)**
 - **Pendenza (4 livelli)**
 - **percentuale del terreno a destinazione agricola**

* Considerato che il dato è rilevato da diverse stazioni all'interno di ogni Comune, per ognuno dei valori sono utilizzati i valori minimi e massimi dei punti di rilevazione all'interno del Comune.



BASE DATI: SCHEDA RISCHI PER COLTURA

- Scheda rischi per coltura (**Actinidia, Albicocco, Frumento tenero, Mais, Melo, Pomodoro e Uva**) con il seguente contributo informativo:

☐ Fase Fenologica:

- Epoca: **data inizio e data fine** della fase fenologica
- Durata: **misurata in giorni**

☐ Rischio gelo

- Temperatura critica: **misurata in gradi Celsius e distinta per fase fenologica**
- Temperatura significativa : **misurata in gradi Celsius e distinta per fase fenologica**
- Livello di gravità: **da 0 (assenza di gravità) a 4 (gravità massima)**

☐ Rischio siccità Fabbisogno idrico minimo: **misurato in mm e distinto per fase fenologica**

- Numero di giorni consecutivi senza precipitazioni: **misurato in giorni per fase fenologica**
- Livello di gravità: **da 0 (assenza di vulnerabilità) a 5 (vulnerabilità massima)**
- Fattore correttivo vulnerabilità del terreno

☐ Rischio alluvione*

- Resistenza massima all'immersione
- Livello di vulnerabilità: **da 0 (assenza di vulnerabilità) a 4 (vulnerabilità massima)**
- Fattore correttivo vulnerabilità del terreno

* Per l'alluvione non si dispone di una base dati adeguata ai fini delle analisi



COSTRUZIONE DELLA BASE TECNICA

RISCHIO GELO E RISCHIO SICCIÀ

Allo scopo di costruire una base tecnica per singola coltura, provincia/comune utile ai fini delle analisi si procede con i seguenti step operativi:

1. Per ogni Provincia/Comune è **integrata** la serie storica giornaliera delle **temperature e/o delle precipitazioni** con le caratteristiche **geomorfologiche** (classi di altimetria, classi di pendenza e percentuale del terreno a destinazione agricola).
2. Per ogni **coltura** e distintamente per i rischi **Gelo e Siccità**, sono individuate diverse finestre temporali in cui la coltura è esposta al rischio, in ragione dell'ampiezza complessiva delle fasi fenologiche. In questo senso, sono esclusi dall'analisi i periodi dell'anno in cui la coltura non è in una fase fenologica o non è soggetta a danneggiamento (i.e. **vulnerabilità=0**).
3. Per ogni **periodo di rischio**, sono integrate le informazioni relative alla fase fenologica della coltura.
4. Per ognuna delle basi dati sopra definite, in ragione delle diverse soglie (**Temperatura significativa minima e Fabbisogno idrico minimo**) che identificano per singola coltura un potenziale «**trigger event**», sono identificati i giorni (per la temperatura) o i periodi (per la siccità) in cui si osserva il superamento di tali soglie.



FOCUS SICCIITÀ E GELO

- ❖ In generale, le **soglie trigger** indicate nelle schede di ogni coltura dal gruppo di esperti per le singole colture esaminate sono superate con una elevata frequenza durante i diversi periodi fenologici e nei periodi temporali esaminati.
- ❖ Tale condizione avviene nella quasi totalità delle analisi condotte sulle colture per il rischio siccità mentre, per il rischio gelo, solo relativamente al pomodoro.
- ❖ Per quest'ultimo le motivazioni sono da ricercarsi nel livello delle soglie trigger che risultano non compatibili con la definizione stessa di gelo (ossia temperatura al di sotto di 0 gradi Celsius).
- ❖ Per quanto riguarda il rischio siccità, invece, il solo quantitativo di pioggia caduta nel periodo fenologico può risultare limitativo rispetto al verificarsi del fenomeno meteorologico considerato.
- ❖ Pertanto, al fine di definire l'evento trigger :
 - per il **rischio gelo** si è scelto di verificare il superamento (verso il basso) dei valori del minimo delle temperature giornaliere medie registrate nel comune.
 - per il **rischio siccità** affiancando alla verifica del non superamento del quantitativo di pioggia nel periodo fenologico necessario ad una sana crescita della coltura il verificarsi di uno stato di siccità in quello specifico periodo nel comune di riferimento impiegando un opportuno indice di siccità, lo SPI- Standardized Precipitation Index.



SPI—STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX

FONTE: ISPRA ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE

- ❑ La siccità è una condizione meteorologica naturale e temporanea in cui si manifesta una sensibile riduzione delle precipitazioni rispetto alle condizioni medie climatiche del luogo in esame (si veda, ad es., Rossi et al., 1992; WMO, 2006; Schmidt et al., 2012; Mariani et al., 2018).
- ❑ In relazione agli effetti prodotti, la siccità viene, in generale, classificata in quattro categorie:
 - **Siccità meteorologica** in caso di una relativa diminuzione delle precipitazioni
 - **Siccità idrologica** in presenza di apporto idrico relativamente scarso nel suolo, nei corsi d'acqua, o nelle falde acquifere
 - **Siccità agricola** in caso di deficit del contenuto idrico al suolo che determina condizioni di stress nella crescita delle colture
 - **Siccità socio-economica e ambientale** intesa come l'insieme degli impatti che si manifestano come uno squilibrio tra la disponibilità della risorsa e la domanda per le attività economiche (agricoltura, industria, turismo, ecc.), per gli aspetti sociali (alimentazione, igiene, attività ricreative, ecc.) e per la conservazione degli ecosistemi terrestri e acquatici.
- ❑ L'indice **SPI** è uno degli indicatori maggiormente diffusi a livello nazionale e internazionale per monitorare la siccità a diverse scale temporali. Esso quantifica il surplus o il deficit di precipitazioni (siccità) rispetto alla climatologia dell'area in esame.
- ❑ Lo **SPI** è adottato nel Bollettino Siccità di ISPRA ed ha, inoltre, il vantaggio di essere basato sull'utilizzo dei soli dati di precipitazione e di rendere confrontabile tra di loro regioni caratterizzate da regimi climatici diversi.
- ❑ Lo **SPI** fornisce un'indicazione sulla relazione tra la quantità di precipitazione caduta in un determinato intervallo di tempo e la sua climatologia, portando così a definire se la località monitorata è affetta da condizioni di siccità oppure no. Valori negativi di SPI indicano una precipitazione minore della media, ossia condizioni siccitose più o meno estreme; mentre valori positivi indicano una precipitazione maggiore della media, ossia condizioni umide.

I livelli di severità degli eventi di umidità e di siccità in termini di SPI sono definiti secondo la seguente tabella (McKee et al., 1993; WMO, 2012):

Valori SPI	Classe
$SPI \geq 2.0$	Umidità estrema
$1.5 \leq SPI < 2.0$	Umidità severa
$1.0 \leq SPI < 1.5$	Umidità moderata
$-1.0 < SPI < 1.0$	Nella norma
$-1.5 < SPI \leq -1.0$	Siccità moderata
$-2.0 < SPI \leq -1.5$	Siccità severa
$SPI \leq -2.0$	Siccità estrema



SPI—STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX

FONTE: ISPRA ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA
AMBIENTALE

- ❑ Lo SPI (McKee et al., 1993) è un **indicatore statistico basato sul confronto tra la precipitazione registrata in un determinato luogo e in un determinato periodo di t mesi (dove t = 3, 6, 12 e 24 mesi nel presente bollettino) con la distribuzione a lungo termine della precipitazione per quel determinato luogo aggregata per lo stesso periodo di tempo t**. In altre parole, se si vuole calcolare lo SPI a 1 mese per il mese di giugno in un dato luogo, si dovrà considerare la serie delle precipitazioni registrate in quel determinato luogo nel mese di giugno per gli anni passati, mentre se si vuole calcolare lo SPI a 6 mesi alla fine di giugno si metterà a confronto la pioggia registrata nel periodo gennaio-giugno con la serie a lungo termine della pioggia gennaio-giugno registrata negli anni passati, e così via. Il calcolo dello SPI si basa quindi sull'analisi di una serie storica a lungo termine di osservazioni di precipitazione aggregate su un determinato intervallo temporale.
- ❑ Il calcolo dello SPI richiede serie temporali molto lunghe. Secondo il WMO (2012), è necessario considerare serie temporali con almeno 30 anni continui di precipitazioni mensili.
- ❑ Per ciascun punto analizzato, la serie storica di precipitazione aggregata è interpolata mediante una distribuzione di probabilità teorica. Thom (1966) ha mostrato come la distribuzione gamma sia quella che meglio interpola le serie temporali climatologiche di precipitazione aggregata.
- ❑ Lo SPI fornisce un'indicazione sulla relazione tra la quantità di precipitazione caduta in un determinato intervallo di tempo e la sua climatologia, portando così a definire se l'area monitorata è affetta da condizioni di siccità oppure no.
- ❑ Dal momento che lo SPI è distribuito secondo una funzione di probabilità normale, è possibile monitorare sia periodi secchi che periodi umidi.
- ❑ Valori negativi di SPI corrispondono a periodi più secchi rispetto alla climatologia, ossia indicano un deficit di precipitazione (siccità), mentre valori positivi di SPI corrispondono a periodi più umidi, ossia indicano un surplus di precipitazione. Maggiore è la distanza dalla norma (climatologia), maggiore è la severità dell'evento. Inoltre, la normalizzazione che è alla base di questo indice permette di rappresentare nello stesso modo, e quindi di riportare su una stessa mappa, aree soggette a climatologie differenti.



Le fasi di un processo di pricing delle coperture assicurative del rischio agro

- ❑ Raggruppamento delle colture in gruppi omogenei per caratteristiche agronomiche (prodotti): prodotti individuati sulla base della tipologia, della stagionalità, del periodo fenologico e della resistenza ad eventi climatici.
- ❑ Analisi della consistenza statistica della base dati per ciascun prodotto e per ciascuno degli anni di osservazione.
- ❑ Selezione di variabili utili ai fini della classificazione del rischio: detta selezione è operata tramite il calcolo della matrice di correlazione riferita alle variabili ex ante e alle variabili ex post; l'analisi delle matrici di correlazione per anno di osservazione consente di individuare le variabili discriminanti ai fini dell'andamento dei sinistri per numeri ed importi.
- ❑ Per ogni prodotto implementazione di tecniche statistiche multivariate per raggruppare i comuni in classi di rischio omogenee mediante algoritmi di *cluster analysis*.
- ❑ Assegnazione della classe di rischio ai comuni non colpiti da eventi meteo avversi, mediante tecniche statistiche multivariate di analisi discriminante.
- ❑ Selezione della distribuzione di probabilità teorica a migliore indice di accostamento sui dati empirici: distribuzioni di probabilità a coda spessa (Extreme value; Exponential; Generalized extreme value; Gamma; Generalized Pareto; Log-Normal; Normale; Rayleigh; Weibul)
- ❑ Per ogni prodotto, personalizzazione del premio in base alla classe di rischio ed alla qualità del prodotto, riassunta nel prezzo unitario assicurato.





Ringrazio per l'attenzione

paolo.deangelis@uniroma1.it
p.deangelis@deangelis-savelli.it

