



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



**XIII**

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

# A dynamic programming approach to the estimation of claims distribution

Sessione: Ricerca e Professione

11 novembre 2021

Jean Manuel Morales, Ph.D.



# Sommario



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Descrizione del contesto attuariale
- Approccio mediante programmazione dinamica
- Specializzazione dell'algoritmo



# Un portafoglio vita



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- n polizze monoannuali, r coperture (decesso, infortuni, ...) e capitali a copertura C

$$X_i = \begin{cases} C_{i1} & p_{i1} \\ \dots & \\ C_{ir} & p_{ir} \\ 0 & 1 - p_{i1} - \dots - p_{ir} \end{cases}$$

- Sinistro complessivo:  $X = \sum X_i = X(n)$



# Un problema difficile



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

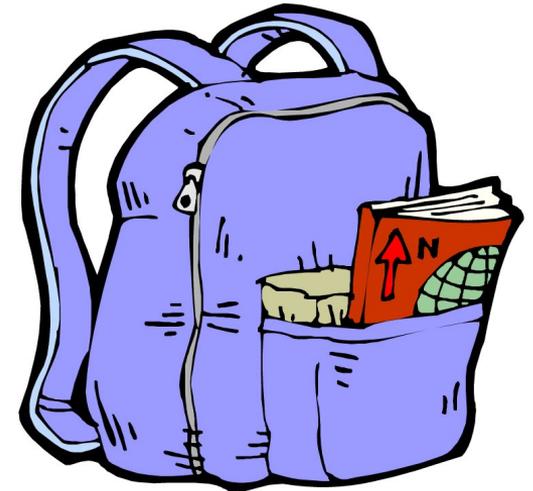
ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Portafoglio riassicurato oltre una soglia

$$\mathbb{P}(X \geq \tau)$$

- Imparentato al problema dello zaino: esaurire una certa capacità con oggetti di diversa dimensione

- Troppe realizzazioni possibili

$$r^n$$




# Una semplice simulazione



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



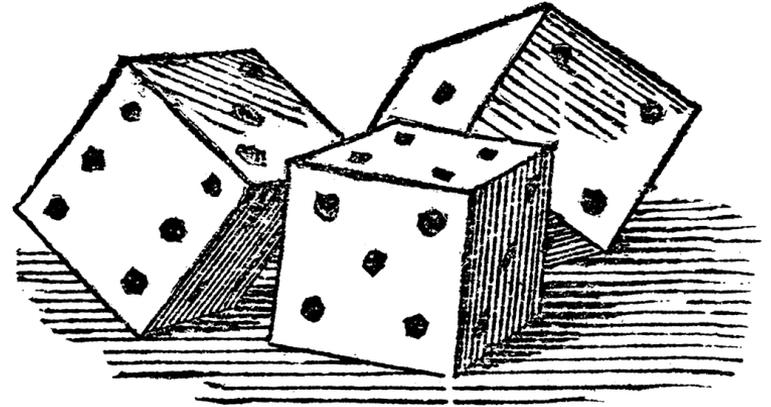
# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Media su numerose ripetizioni, di semplice implementazione
- Numero di ripetizione è funzione del portafoglio (capitali e probabilità)
- Rischio di sotto-rappresentare i valori estremi, meno probabili





# Un altro punto di vista



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- La distribuzione di  $n$  teste dipende da quella di  $n-1$  teste e dall' $n$ -esima

$$X(n) = X(n - 1) + X_n$$

- Un altro problema imparentato: il calcolo dei numeri di Fibonacci

$$\text{Fib}(n) = \text{Fib}(n - 1) + \text{Fib}(n - 2)$$





# Programmazione dinamica



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Metodo di ottimizzazione matematica che scompone un problema generale in sotto-problemi
- Sotto-struttura ottimale: la soluzione del problema generale si può calcolare a partire dalle soluzioni dei sotto-problemi
- Memoizzazione: i risultati dei sotto-problemi sono calcolati solo una volta





# Memoizzazione



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Utile quando una funzione (linguaggio di programmazione) è invocata tante volte per gli stessi input
- Mantenere una tabella con coppie di vettori (input, output) per evitare di ripetere sempre le stesse operazioni
- Per gli attuari non è nulla di nuovo: simboli di commutazione





# Sotto-problemi



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- “Problema di ottimo” è in senso lato

- Sotto-problemi disgiunti:  
problema risolvibile con  
esecuzione in parallelo



- Sotto-problemi sovrapposti: formulazione ricorsiva



# Ritorniamo all'applicazione



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Formulazione ricorsiva

$$\mathbb{P}(X(n) = t) = \mathbb{P}(X(n-1) = t - C_n) \cdot \mathbb{P}(X_n = C_n) + \mathbb{P}(X(n-1) = t) \cdot (1 - \mathbb{P}(C_n))$$

- Forma generale: funzione che calcola la probabilità di raggiungere un valore con un certo numero di variabili
- Problema si conferma troppo difficile



# Discretizzare il supporto di $X$



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



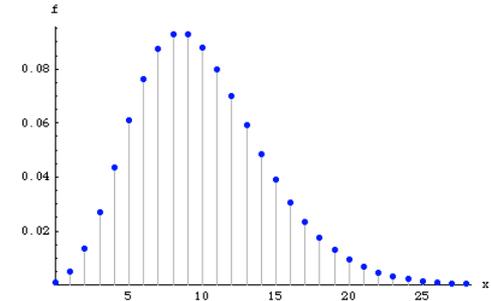
## XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Supporto di  $X$  diviso in intervalli contigui di larghezza  $d$ ; distribuzione assegnata ai centri degli intervalli
- Una massa di probabilità attribuita ad un singolo intervallo: catastrofica perdita di accuratezza
- Massa attribuita proporzionalmente tra i due intervalli contigui più vicini: media della distribuzione è preservata





# Un surplus di varianza



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- Effetto “centrifugo”: varianza risulta sovrastimata
- Il surplus di varianza si può calcolare in modo virtualmente esatto come semplice sommatoria (w sono distanze dal centro)

$$S = \sum w_i(1 - w_i)d^2$$

- Il surplus si può usare per riscaldare la distribuzione mantenendo così i primi due momenti, oltre che la forma effettiva del portafoglio





# Conclusioni e direzioni



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

- L'algoritmo è veloce e accurato. Futura ricerca: quantificazione dell'errore funzione di  $d$  (è 0 per  $d=1$ )
- Disponibile per dettagli o collaborazioni:  
[jeanmanuel.morales@yahoo.com](mailto:jeanmanuel.morales@yahoo.com) o LinkedIn
- Obiettivo raggiunto: parlare dei numeri di Fibonacci al Congresso degli Attuari :)



# Riferimenti



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

Corso del MIT sulla programmazione dinamica

[https://www.youtube.com/watch?v=OQ5jsbhAv\\_M](https://www.youtube.com/watch?v=OQ5jsbhAv_M)

Pacchetto R: memorise

Nel seguito: slide in formato discorsivo

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021



# Sommario



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Si presenta un approccio originale al problema di calcolare il costo totale dei sinistri di un portafoglio in caso di riassicurazione non proporzionale. L'approccio prende spunto dalla tecnica nota come programmazione dinamica.

Per motivi di tempo, il discorso è impostato per linee generali. Ho tralasciato i dettagli tecnici, disponibili su richiesta. Questa appendice si intende destinata ad una lettura autonoma.

Per prima cosa introdurrò il problema attuariale e uno degli usuali metodi per risolverlo. Poi spenderò due parole su cosa intendo per programmazione dinamica e come è stata spunto per un approccio alternativo. Infine trarrò delle conclusioni di massima.



# Un portafoglio vita



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



## XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Immaginiamo di avere un portafoglio di polizze monoannuali. Nel mio caso specifico siamo nel ramo vita, anche se questo non è di fondamentale importanza. Ogni testa è assicurata per un diverso capitale nel caso di decesso, ed eventualmente con capitali diversi per ulteriori coperture, che possono essere malattie, infortuni, ecc.

Chiamiamo  $X_i$  la variabile aleatoria che indica il sinistro per singola testa. Nel caso più semplice di unica copertura assicurativa e capitale unitario questa è naturalmente una bernoullina.

Noi abbiamo un totale di  $n$  polizze, per esempio 100'000, e indichiamo con  $X$  la variabile aleatoria che rappresenta il sinistro complessivo del portafoglio dopo un anno, e con  $X(k)$  la variabile aleatoria somma delle prime  $k$  teste.



# Un problema difficile



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Nel caso il portafoglio sia riassicurato oltre una certa soglia  $\tau$ , diciamo un milione di euro, diventa importante determinare la probabilità di superare tale soglia. O magari più in generale, calcolare di quanto in media questa soglia venga superata nel caso ciò avvenga. Il massimo sarebbe avere a disposizione la distribuzione di probabilità della variabile  $X$ .

Questo però è un problema difficile. Anche solo con due esiti per testa (sopravvivenza o morte) abbiamo un totale di  $2^n$  realizzazioni possibili.

Se provassimo a calcolare in modo diretto la probabilità di ottenere una specifica realizzazione finiremmo con un problema computazionalmente intrattabile: in quanti modi le  $n$  variabili possono dar somma generica  $t$ ? Il problema è imparentato col cosiddetto problema dello zaino (knapsack problem), dove si cerca di riempire uno zaino di capienza data con oggetti di dimensione diversa



# Una semplice simulazione



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



**XIII**  
CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

Cosa fa quindi l'attuario? Un possibilità abbastanza popolare, di semplice implementazione, è la simulazione stocastica. Si ripete per un certo numero di volte la sorte del portafoglio e si calcola la media dei risultati ottenuti.

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

Cito solo due limitazioni di questo approccio: intanto che il numero di ripetizioni dovrebbe essere calcolato in funzione del portafoglio stesso, e dipendere quindi dalla distribuzione dei capitali assicurati e dalle probabilità degli eventi a copertura.

Inoltre sappiamo che in ogni simulazione i valori estremi sono i più delicati perché rischiano di essere sotto-rappresentati. Ma sono anche i più importanti quando siamo interessati alla coda della distribuzione, come appunto nel caso della riassicurazione.

ROMA  
10-12 Novembre 2021



# Un altro punto di vista



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Se invece di guardare un singolo valore possibile, una somma  $t$  da raggiungere, consideriamo invece la distribuzione completa della variabile  $X$ , siamo di fronte a una semplice ricorsione sul numero  $n$  di teste. Questo mi ha ricordato la celebre ricorsione che calcola i numeri di Fibonacci.

Anche il calcolo dell' $n$ -esimo numero di Fibonacci risulta impraticabile se ci si dimentica dei risultati intermedi, cioè se applicando meccanicamente la definizione più volte calcolo ad esempio Fibonacci( $n-2$ ) sia quando mi serve per calcolo Fibonacci( $n$ ), sia quando mi servirà nuovamente per calcolare Fibonacci( $n-1$ ) riapplicando la definizione. Anche in questo caso il numero di calcoli esplode.



# Programmazione dinamica



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



## XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

I numeri di Fibonacci, così come il problema dello zaino, sono esempi tipici di problemi che si possono risolvere validamente grazie alla programmazione dinamica. Con questo termine si intende un metodo di ottimizzazione matematica che sotto determinate condizioni favorisce lo sviluppo di algoritmi efficienti.

Immaginiamo di avere un problema di ottimo scomponibile in sotto-problemi più semplici. Il requisito è che la soluzione del problema generale deve poter essere calcolata date la soluzioni dei sotto-problemi. Si parla in questo caso di sotto-struttura ottimale.

Un altro aspetto chiave è quello di ricordare i risultati dei sotto-problemi quando questi sono calcolati la prima volta.



# Memoizzazione



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA

10-12 Novembre 2021

Due parole sulla memoizzazione, concetto informatico di generale utilità. Memoizzare una funzione, in un qualunque linguaggio di programmazione, significa mantenere una tabella che accoppia i parametri di input al risultato. Quando la funzione viene invocata, essa controlla per prima cosa nella tabella se il calcolo richiesto è già stato stato eseguito in passato. Nel caso lo restituisce e non lo ricalcola. Se il risultato non esiste ancora, la funzione lo produce e prima di restituirlo lo inserisce nella tabella.

Questo metodo rappresenta una svolta nel caso di funzioni che magari non eseguono calcoli eccezionalmente difficili ma che vengono invocate tante volte. Lo si può implementare più o meno facilmente in qualsiasi linguaggio, e per esempio in R c'è un pacchetto che memoizza automaticamente le funzioni.

La programmazione dinamica nasce negli anni '50. Naturalmente non è vero: è stata inventata dagli attuari che memoizzavano calcoli ripetitivi con i simboli di commutazione.



# Sotto-problemi



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



## XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Elemento fondamentale della programmazione dinamica è la possibilità di poter esprimere la soluzione del problema generale a partire dalle soluzioni di sotto-problemi più semplici, la già citata sotto-struttura ottimale. La terminologia qui potrebbe confondere, ma si tratta solo di formalismi matematici: con "problema di ottimo" si può anche intendere un compito semplice come quello di calcolare un numero di Fibonacci.

Altra caratteristica fondamentale è che i sotto-problemi devono in qualche modo sovrapporsi. Se i sotto-problemi fossero disgiunti si potrebbe agevolmente risolvere il problema in parallelo.

Il problema generale si esprime in modo ricorsivo come funzione di problemi simili più semplici, proprio come nel caso dei numeri di Fibonacci.



# Ritorniamo all'applicazione



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA

10-12 Novembre 2021

Per la nostra applicazione attuariale, la ricorsione potrebbe scriversi come mostrato. La probabilità che la distribuzione di  $n$  variabili assuma un certo valore  $t$  dipende dalla probabilità di aver raggiunto con  $n-1$  variabili il valore  $t-C_n$ , e che nell'ultima variabile l' $n$ -esimo evento si realizzi, aggiungendo proprio il capitale mancante  $C_n$ . Questo sommato alla probabilità che il valore sia raggiunto con sole  $n-1$  variabili e che l'evento  $n$ -esimo non si realizzi.

Problema generale e sotto-problemi sono tutti della stessa forma: una funzione che calcola la probabilità di raggiungere un certo valore con un certo numero di variabili. Il numero di valori di input è però enorme.



# Discretizzare il supporto di $X$



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

La v.a.  $X$  non ha evidentemente un supporto continuo, ma ci sono anzi un gran numero di punti in cui ha probabilità 0. Sono tutti quei totali non ottenibili come somma di un sottoinsieme di capitali assicurati, che sono per lo più importi arrotondati magari a centinaia o migliaia di euro.

Ai nostri fini, che ricordo essere il calcolo nel caso di una riassicurazione, quindi di un quantile, tale precisione risulta superflua. È quindi ragionevole suddividere il supporto di  $X$  in intervalli contigui di egual misura.

Una massa di probabilità non verrà attribuita ad un punto, ma neanche ad un singolo intervallo: se lo facessimo ci sarebbe una catastrofica perdita di accuratezza. L'alternativa è spalmare proporzionalmente la massa di probabilità tra i due intervalli contigui più vicini. Questo è sufficiente per preservare la media della distribuzione.



# Un surplus di varianza



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Se la media è preservata, purtroppo non si può dire lo stesso per la varianza. C'è un interessante effetto "centrifugo" che spinge le masse di probabilità lontano dal valore puntuale, e la conseguenza è che la distribuzione risulta scalata.

Fortunatamente è possibile calcolare in modo esatto, il surplus di varianza introdotto dalla suddivisione in intervalli. Non mi addentro nei dettagli, dico solo che è una semplice sommatoria che dipende da come i capitali sono distribuiti rispetto al centro degli intervalli.

Quindi si può riscalarare la distribuzione ottenuta preservando anche il momento secondo. A differenza del metodo di stima dei momenti, qua non stiamo ipotizzando a priori una distribuzione analitica: la forma della distribuzione calcolata è quella effettiva del portafoglio.



# Conclusioni e direzioni



ORDINE NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI ATTUARI



# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Non ho presentato dettagli di implementazione, disponibili su richiesta, né risultati. L'algoritmo comunque è estremamente veloce, e il risultato tende a quello teorico quando gli intervalli tendono alla dimensione unitaria. Questa ricerca potrebbe essere portata avanti cercando di quantificare in maniera rigorosa il massimo errore come funzione della dimensione degli intervalli.

Abbiamo parlato di programmazione dinamica, da cui ho preso spunto. Siccome è un termine abbastanza vago, non è chiaro se l'algoritmo qua delineato possa essere effettivamente classificato come tale. Il mio obiettivo l'ho comunque raggiunto. Era quello di parlare di numeri di Fibonacci al Congresso degli Attuari!

Sono disponibile per eventuali collaborazioni, quindi invito chiunque fosse interessato a contattarmi.