

Quando tempo ed età non corrono alla stessa velocità: una nuova prospettiva di valutazione e gestione dei rischi biometrici

Mario Marino

Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche "Bruno de Finetti"
Università di Trieste

Seminario del Comitato Scientifico dell'Ordine degli Attuari

17 ottobre 2025

↪ Analisi, risultati e takeaways del progetto di ricerca



A biologically inspired perspective in longevity risk management: which implications for actuaries?

Team: A.R. Bacinello, R. Maggistro, M. Marino (P.I.), A. Olivieri

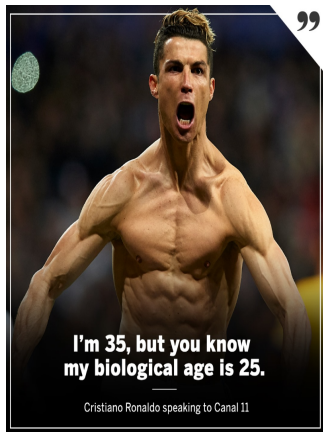
↪ Agenda

- I. Età cronologica vs età non-cronologica
- II. Implicazioni attuariali: il caso del Group Self-Annuityization (GSA)
- III. Implicazioni attuariali: il caso della Pay-As-You-Live insurance (PAYL)

Motivazione della ricerca: un chiaro esempio dal 2020

Cristiano Ronaldo:

- Età cronologica = 35
- Età biologica = 25



Io:

- Età cronologica = 28
- Età biologica = 38



Misurare l'età

- **Cosa sappiamo:** aumento dell'aspettativa di vita umana
 - ↪ Trend differenziati per popolazione nella distribuzione dei decessi per età (*cronologica*)
 - ↪ Rischio di longevità (cronologico)
- **Come modelliamo e misuriamo:** modelli (deterministici o stocastici) per la costruzione di tavole di mortalità:
 - ▷ Questi modelli condividono un' **implicita assunzione**: **l'età fluisce cronologicamente**.
- **Età cronologica:** indicata con t_0 la data di nascita e con t_n una data di riferimento, l'età cronologica è

$$x_c := t_n - t_0, \quad t_n \geq t_0.$$

Misurare l'età

- **Età non-cronologica**: l'età definita secondo di un criterio di misurazione non-cronologico
 - ▷ Esempio: **misurazione basata sul deterioramento biologico** $\rightsquigarrow$ età biologica
- **Età biologica**: è l'età che indica quanto è vecchio il corpo umano a livello cellulare e molecolare. In termini generali, indicato con:
 - ▷ x_b l'età biologica
 - ▷ $z_1, z_2, \dots, z_m$ i parametri biologici
 - ▷ $f : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^+$ la mappa dell'età

si ha

$$x_b := f(z_1, z_2, \dots, z_m)$$

- **Punti chiave**:
 - ▷ Aspetti metodologici: scelta di f e dei parametri biologici
 - ▷ Disponibilità di osservazioni/evidenza empirica

L'approccio della scienza biologica e medica

- **Età biologica stimata sulla base di fattori biologici osservati**

Step 1. Dato un gruppo di n individui, con età cronologiche diverse, rilevazioni individuali dei parametri fisiologici e molecolari (*biomarkers*)

Step 2. Per l' i -esimo individuo si considera

$$x_c^{(i)} = f\left(z_1^{(i)}, \dots, z_m^{(i)}; \beta_1^{(i)}, \dots, \beta_m^{(i)}\right) + \epsilon^{(i)}$$

$\rightsquigarrow$ Esempio regressione lineare: $x_c^{(i)} = \sum_{k=1}^m \beta_k^{(i)} z_k^{(i)} + \epsilon^{(i)}$

Step 3. Si selezionano i fattori più significativi, $\{z_k, k = 1, \dots, \ell, \ell \ll m\}$

Step 4. Equazione di stima dell'età biologica

$$\hat{x}_b^{(i)} = f\left(z_1^{(i)}, \dots, z_\ell^{(i)}; \hat{\beta}_1^{(i)}, \dots, \hat{\beta}_\ell^{(i)}\right)$$

$\rightsquigarrow$ Esempio regressione lineare: $\hat{x}_b^{(i)} = \sum_{k=1}^{\ell} \hat{\beta}_k^{(i)} z_k^{(i)}$

L'approccio della scienza biologica e medica

...e nel contesto assicurativo?

- **Pros:**

- ▷ Classificazione dei rischi più fine
- ▷ Personalizzazione del premio
- ▷ Maggiore consapevolezza del rischio biometrico

- **Cons:**

- ▷ Tempi e costi di raccolta ed elaborazione dei dati biologici
- ▷ Livello di granularità dei dati e loro gestione

↪ *Overcoming the issue*: sfruttare tecnologie digitali e metodi AI, vedasi Pay-As-You-Live insurance

- **Quando non abbiamo i dati/evidenze empiriche:**

↪ Come determinare un'età non-cronologica in assenza di osservazioni?

Età non-cronologica e fattori biologici non osservabili

- Eterogeneità nei profili di mortalità dovuta a fattori non osservabili
 - ↪ x_c vs x_b
 - ↪ Dati di mortalità aggregati e per età cronologiche
- Diversi approcci di misurazione, diversi tipi di età non-cronologica
 - ▷ **Modelli con frailty**: la frailty individuale identifica una correzione additiva alla durata aleatoria di vita, [Willemse, Kaas (2007)]
 - ▷ **Studio della mortalità in funzione della sopravvivenza**: approccio che si basa sull'inversione di leggi di mortalità
 - ★ **Longevity-Risk Adjusted Global Age**, [Milevsky (2020)]
 - ★ **Survivorship Age**, [Alvarez, Vaupel (2023)]
 - ▷ **Modello di invecchiamento Markoviano**: processo stocastico Markoviano per descrivere il processo d'invecchiamento umano
 - ★ **Physiological Age**, [Lin, Liu (2007)]

Invecchiamento Markoviano ed età fisiologiche

- $(A_t, t \geq 0)$: processo Markoviano omogeneo che descrive il **processo d'invecchiamento** di un individuo
- $E = \{1, \dots, m\}$: insieme stati transienti $\rightsquigarrow$ **fasi invecchiamento**
 - ▷ Tanto più piccolo è lo stato, tanto più giovane è l'individuo
- $m + 1$: stato assorbente $\rightsquigarrow$ **decesso**
- Spazio degli stati: $\mathcal{S} = E \cup \{m + 1\}$
- Il processo d'**invecchiamento** è descritto tramite una **sequenza ordinata di transizioni**:
 - ▷ In $t = 0$ l'individuo può trovarsi in uno degli m stati di ageing
 - $\rightsquigarrow$ $\boldsymbol{\pi} = (\pi_1, \dots, \pi_m)$: distribuzione iniziale, con $\pi_i := \mathbb{P}(A_0 = i) \geq 0$
 - ▷ Per $t > 0$, l'individuo nello stato $i \in E$ può muoversi verso lo stato d'invecchiamento successivo, $i + 1 \in E$, o verso $m + 1$.

Invecchiamento Markoviano ed età fisiologiche

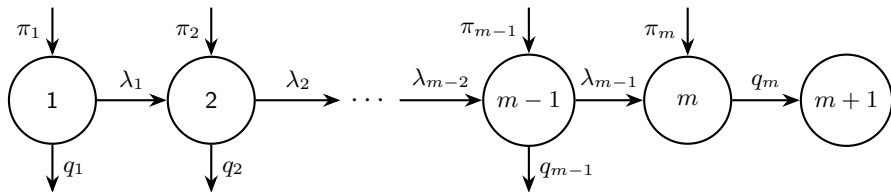


Figure: Diagramma di fase del modello d'invecchiamento Markoviano.

- λ_i : intensità di transizione dallo stato $i \in E$ verso $i + 1 \in E$
- q_i : intensità di transizione dallo stato i verso $m + 1$
- Matrice delle intensità del processo

$$\mathbf{\Lambda} = \begin{pmatrix} -(\lambda_1 + q_1) & \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -(\lambda_2 + q_2) & \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & -q_m \end{pmatrix}$$

Invecchiamento Markoviano ed età fisiologiche

- Sotto le condizioni poste, il **tempo al decesso** è

$$\tau := \inf\{t \geq 0 \mid A_t = m + 1\} \sim \text{PH}(\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\Lambda})$$

- Matrice delle **probabilità di transizione**

$$\mathbf{P}(t) = \exp(\boldsymbol{\Lambda}t)$$

$p_t^{i,j} = \mathbf{P}(t)_{i,j} \in E$: probabilità di transizione da i a j in t passi

- **Funzione di sopravvivenza**

$$S_0(t) = \mathbb{P}(\tau > t) = \mathbb{P}(A_t \in E) = \boldsymbol{\pi}^\top \mathbf{P}(t) \mathbf{e}$$

- Prob.tà di sopravvivenza di una testa di età cronologica x per t periodi

$$S_x(t) = \frac{S_0(x+t)}{S_0(x)} = \boldsymbol{\pi}_x^\top \mathbf{P}(t) \mathbf{e},$$

$$\text{con } \boldsymbol{\pi}_x^\top = \frac{\boldsymbol{\pi}^\top \mathbf{P}(x)}{\boldsymbol{\pi}^\top \mathbf{P}(x) \mathbf{e}} = (\pi_{x,1}, \dots, \pi_{x,m})^\top, \quad \pi_{x,i} = \mathbb{P}(A_x = i \mid \tau > x).$$

Invecchiamento Markoviano ed età fisiologiche

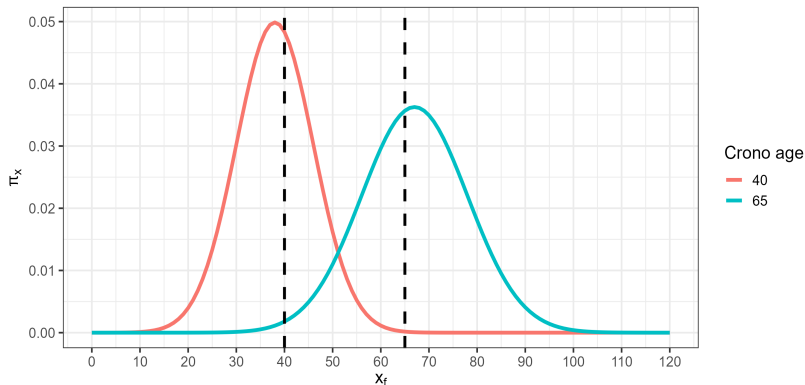


Figure: Distribuzione simulata età fisiologica rispetto a due età cronologiche, 40 e 65 anni (linee verticali). Parametri: $\lambda_i = \lambda = 1.1018615$, $q_i = \alpha e^{\beta i}$, con $\alpha = 0.0000544$, $\beta = 0.0715661$.

Invecchiamento Markoviano ed età fisiologiche

- **Età fisiologica:** può essere definita come

$$x_f := x_c + g(A_t)$$

dove $g : \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{R}$ deve essere tale che $x_f \geq 0$ q.c.

- Ad esempio, si può considerare la seguente

$$x_f = x_c + \frac{A_t - 1}{m - 1} \psi$$

dove $\psi > 0$ è un parametro che rappresenta un'età cronologica estrema, e.g. $\psi \in [100, 120]$, [Cheng et al. (2021)].

Implicazioni attuariali: il caso del GSA

- Pianificazione e costruzione del **reddito post-pensionamento**
 - ▷ Rendite vitalizie: erogazione in calo, preferenza per il capitale
 - ▷ Meccanismi di auto-assicurazione prendono quota in diversi mercati
 - ★ Esempio: "Lifetime pension" dell'Australian Retirement Trust
 - ★ Esempio: "TontineIRA" (USA) e "MyTontine" (Irlanda) della Tontine Trust
- Il **GSA** è un **fondo pensionistico** nel quale gli aderenti contribuiscono alla formazione di un **capitale comune** che viene **investito**
- Gli aderenti al GSA ricevono **benefici periodici vitalizi**, condividendo il rischio di longevità e il rischio finanziario
- Benefici **non garantiti**: **aggiustamento periodico in base al rendimento finanziario realizzato e alla mortalità effettiva del pool**
- Il gestore del fondo non è un garante, ma un "amministratore tecnico"

Implicazioni attuariali: il caso del GSA

- In $t = 0$: coorte di L_x individui (x età cronologica) aderisce allo schema, ciascuno per ricevere un beneficio vitalizio periodico B_0
- Ciascun aderente versa $V_0 = B_0 \ddot{a}_x \rightsquigarrow$ il **fondo iniziale disponibile** dello schema è:

$$F_0^A = L_x B_0 \ddot{a}_x, \quad \text{con } \ddot{a}_x = \sum_{h=0}^{t_{\max}} (1+r)^{-h} {}_h p_x$$

- Per $t = 1, 2, \dots$:
 - ▷ il pool deve essere in **equilibrio tecnico**

Fondi disponibili in t = Fondi richiesti in t

- ▷ la mortalità effettiva può differire da quella attesa in $t = 0$
- ▷ il rendimento degli investimenti può differire da quello atteso in $t = 0$
- $\rightsquigarrow$ Necessità di **aggiustare i benefici**: $B_t \gtrless B_0$

Implicazioni attuariali: il caso del GSA

- $\tilde{r}_t$: rendimento realizzato in t
- L_{x+t} : numero di aderenti in vita ad età $x+t$
- $\tilde{p}_{x+t-1} = \frac{L_{x+t}}{L_{x+t-1}}$: prob.tà di sopravvivenza realizzata
- L'equilibrio tecnico richiede che

$$\underbrace{(F_{t-1}^A - L_{x+t-1}B_{t-1})}_{F_t^A = \text{Fondo disponibile in } t} (1 + \tilde{r}_t) = \underbrace{L_{x+t} B_t}_{\text{Fondo richiesto in } t}$$

- Risolvendo rispetto a B_t , il **beneficio aggiustato** è:

$$B_t = B_{t-1} \frac{p_{x+t-1}}{\tilde{p}_{x+t-1}} \frac{1 + \tilde{r}_t}{1 + r}$$

Dal GSA al Markov ageing Multi-state GSA

- **Nota:** in $t = 0$, coorte considerata omogenea rispetto all'età cronologica x
- Ogni aderente ha, però, una propria età fisiologica: il pool è eterogeneo
 - ▷ differenti aspettative di vita
 - ▷ differenti processi di invecchiamento
 - ▷ differenti bisogni finanziari
- Design di un GSA che preveda benefici differenziati per stato d'invecchiamento

Multi-state GSA: ingredienti

- Ipotesi: $\tilde{r}_t = r$
- In $t = 0$: L_x individui aderiscono al GSA e soggetti ad un congruo processo di **classificazione**, da cui L_x^i individui nello stato i
- B_0^i : beneficio iniziale, stato i
- V_0^i : capitale iniziale stato i , definito come

$$V_0^i = \sum_{j \geq i}^m B_0^j \ddot{a}_x^{i,j},$$

dove $\ddot{a}_x^{i,j} = \sum_{h=0}^{t_{\max}} (1+r)^{-h} {}_h p_x^{i,j}$ è il valore attuariale della rendita pagata nello stato j , con ${}_h p_x^{i,j} = P(h)_{i,j}$.

Multi-state GSA: fondi del pool

- F_t^A : fondo disponibile a livello di pool al tempo t

$$F_t^A = \left(F_{t-1}^A - \sum_{i=1}^m L_{x+t-1}^i B_{t-1}^i \right) (1 + r)$$

a partire da $F_0^A = \sum_{i=1}^m L_x^i V_0^i$.

- $V_t^i = \sum_{j \geq i}^m B_t^j \ddot{a}_{x+t}^{i,j}$: fondo richiesto su base individuale nello stato i
- F_t^R : fondo richiesto a livello di pool al tempo t

$$F_t^R = \sum_{i=1}^m L_{x+t}^i V_t^i$$

Multi-state GSA: fondi del pool

- Equilibrio tecnico del pool, per ogni t :

$$F_t^R = F_t^A$$

- Si potrebbe avere $F_t^R \neq F_t^A$ poichè
 - ▷ la mortalità effettiva nei vari stati può differire da quella attesa
 - ▷ l'invecchiamento (i.e., le frequenze di transizione) può differire da quello atteso
- Inoltre:
 - ▷ F_t^A, F_t^R si riferiscono all'intero pool
 - ▷ La differenza tra quanto realizzato e l'aspettativa varia da stato a stato

⇒ Più appropriato aggiustare i benefici per stato

Multi-state GSA: fondi del pool

- Agendo per stato, si avrà:
 - ▷ $F_t^{i,R}$: fondo richiesto per lo stato i
 - ▷ $F_t^{i,A}$: fondo disponibile per lo stato i

- **Equilibrio tecnico per stato**, per ogni t :

$$F_t^{i,R} = F_t^{i,A}, \quad i \in E$$

- ▷ Il mantenimento di tale equilibrio può richiedere l'aggiustamento dei benefici per stato
- Il fondo richiesto per lo stato i è definito come

$$F_t^{i,R} = L_{x+t}^i V_t^i$$

Multi-state GSA: fondi del pool

- La definizione di $F_t^{i,A}$ richiede una regola di **cross-subsidy tra gli stati**

$$F_t^{i,A} = \overbrace{(F_{t-1}^{i,A} - L_{x+t-1} B_{t-1}^i)(1+r)}^{\text{Fondo disponibile pre-adj beneficio}} + \overbrace{\sum_{j < i} L_{x+t-1}^i \tilde{p}_{x+t-1}^{j,i} V_{t-}^i + X_t^i}^{\text{Cross-subsidy accreditata ad i}} - \underbrace{\sum_{j > i}^m L_{x+t-1}^i \tilde{p}_{x+t-1}^i V_{t-}^j}_{\text{Cross-subsidy rilasciata da i}}$$

dove

- $V_{t-}^i = \sum_{j \geq i}^m B_{t-1}^j \ddot{a}_{x+t}^{i,j}$ è il fondo richiesto a livello individuale nello stato i pre-aggiustamento del beneficio
- X_t^i è un fondo residuale accreditato allo stato i in virtù degli stati che diventano privi di individui

Multi-state GSA: fondi del pool

- Con un pò di algebra attuariale, l'equazione del fondo disponibile diventa:

$$F_t^{i,A} = L_{x+t-1}^i p_{x+t-1}^{i,i} V_{t-}^i + \sum_{j < i} L_{x+t-1}^j \tilde{p}_{x+t-1}^{j,i} V_{t-}^i - \sum_{j > i}^m L_{x+t-1}^i \left(\tilde{p}_{x+t-1}^{i,j} - p_{x+t-1}^{i,j} \right) V_{t-}^j$$

- La **differenza tra fondo disponibile e fondo richiesto** può esser originata da:
 - ▶ Numero effettivo di membri nello stato i diverso da quello atteso, i.e. $p_{x+t-1}^{i,i} \neq \tilde{p}_{x+t-1}^{i,i}$
 - ▶ Numero di transizioni nello stato j , $j > i$, diverso da quello atteso, i.e. $p_{x+t-1}^{i,j} \neq \tilde{p}_{x+t-1}^{i,j}$

Multi-state GSA: Aggiustamento dei benefici

- Aggiustamento tale che $F_t^{i,R} = F_t^{i,A}$
- A partire dallo stato m , backward fino allo stato 1
- Interpretazione dell'aggiustamento (in base al fondo individuale richiesto)

$$V_t^i = \underbrace{\frac{p_{x+t-1}^{i,i}}{\tilde{p}_{x+t-1}^{i,i}}}_{\text{Adj esperienza mortalità stato i}} V_{t-}^i - \underbrace{\frac{\sum_{j < i} L_{x+t-1}^j \tilde{p}_{x+t-1}^{j,i}}{L_{x+t-1}^i \tilde{p}_{x+t-1}^{i,i}} (V_t^i - V_{t-}^i)}_{\text{Cross-subsidy accreditata a stato i (atteso vs realizzato)}} - \underbrace{\frac{\sum_{j > i}^m (\tilde{p}_{x+t-1}^{i,j} - p_{x+t-1}^{i,j})}{\tilde{p}_{x+t-1}^{i,i}} V_{t-}^j}_{\text{Cross-subsidy rilasciata allo stato j (atteso vs realizzato)}}$$

Multi-state GSA: Applicazione numerica

Dati

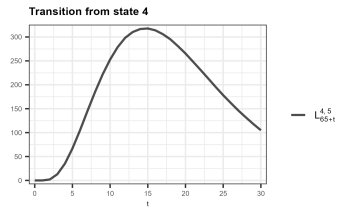
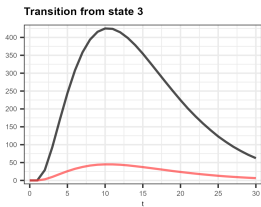
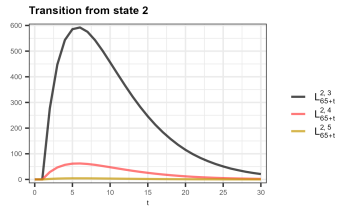
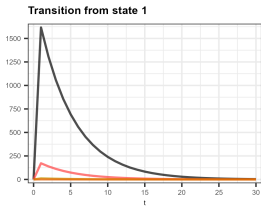
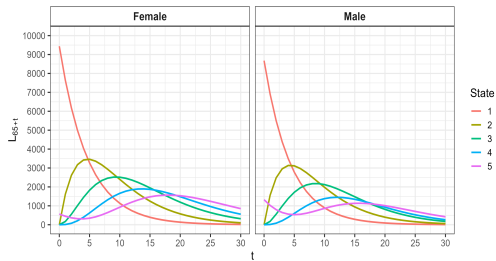
- Età d'ingresso $x = 65$
- $L_x = 1000$
- Benefici fino a $x = 95$
- Benefici iniziali: $B_0^1 = 1$ nello stato 1, $B_0^i = 1.2B_0^{i-1}$ negli stati $i > 1$

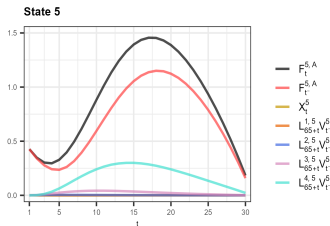
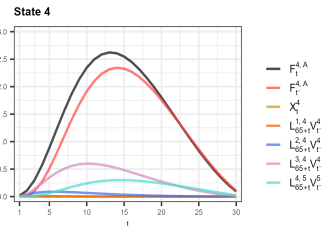
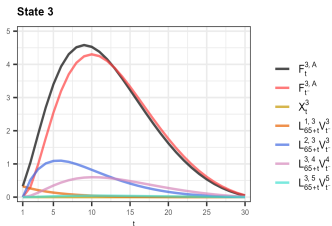
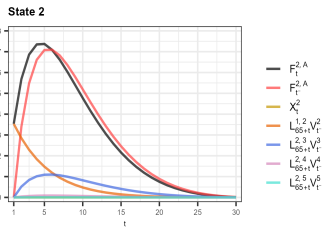
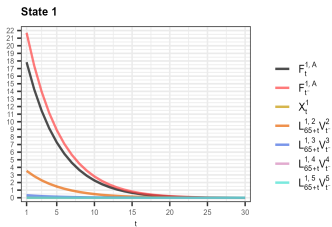
Calibrazione modello

- Coorte di riferimento: popolazione Australiana 1920
- Fonte: Human Mortality Database
- Intervallo di età fitting (65-100)
- Numero di stati: $m = 5$
- Mean Squared Error minimization

Simulazione numero di transizioni

- $L_{x+t-1}^{i,j} \sim Multinom \left(L_{x+t-1}^i p_{x+t-1}^{i,j} \right)$
- frequenze di transizione a 1 anno realizzate: $\tilde{p}_{x+t-1}^{i,j} = \frac{L_{x+t-1}^{i,j}}{L_{x+t-1}^i}$





Multi-state GSA: Applicazione numerica

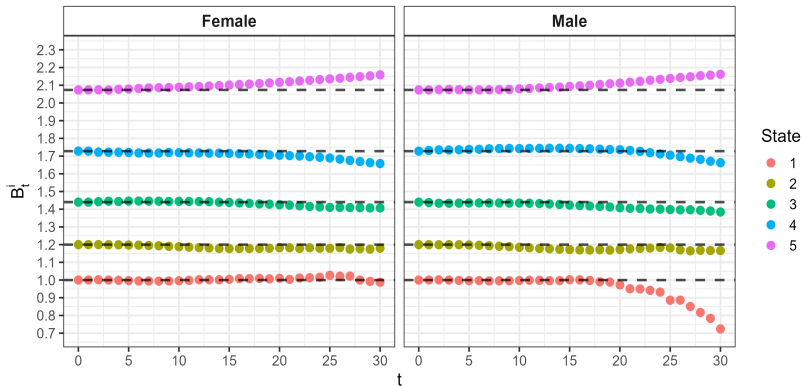


Figure: Profilo temporale dei benefici per stato d'invecchiamento.

Multi-state GSA: introduzione della solidarietà

- Stati d'invecchiamento sono latenti: uso di variabili proxy, ma non replicazione esatta del profilo biologico
- **Dai benefici per stato alle classi di beneficio**
- Classi di beneficio: $m^* \leq m \rightsquigarrow E^* = \{1, 2, \dots, m^*\}$
- l_{x+t}^k : numero di aderenti in vita al tempo t nella classe di beneficio $k \in E^*$. Deve aversi che $\sum_{i \in E} L_{x+t}^i = \sum_{k \in E^*} l_{x+t}^k$
- $\overline{B}_t^k$: beneficio in t per la classe di beneficio $k \in E^*$
- Per ogni t , deve valere che

$$\sum_{i \in E} L_{x+t}^i B_t^i = \sum_{k \in E^*} l_{x+t}^k \overline{B}_t^k$$

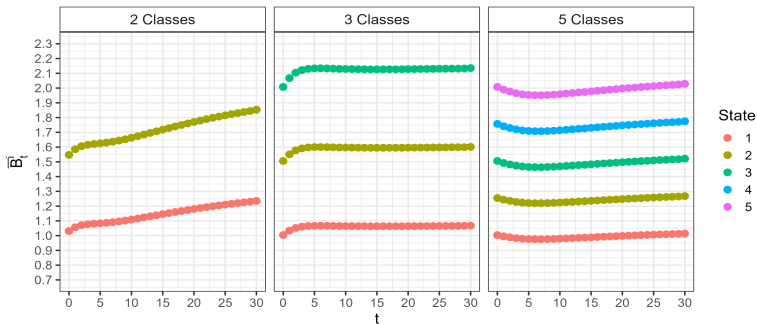
Multi-state GSA: introduzione della solidarietà

$$\overline{B}_t^k = u^k \overline{B}_t^1, \quad k = 2, 3, \dots, m^*$$

- Ragionevolmente: $1 < u^2 < u^3 < \dots < u^{m^*}$
- $\overline{B}_t^k < B_t^i$: individui che contribuiscono alla solidarietà
- $\overline{B}_t^k > B_t^i$, individui che ricevono solidarietà

Multi-state GSA: introduzione della solidarietà

- $m^* = 2$: con $u^2 = 1.5$, $l_{x+t}^1 = L_{x+t}^1 + L_{x+t}^2$ e $l_{x+t}^2 = L_{x+t}^3 + L_{x+t}^4 + L_{x+t}^5$
- $m^* = 3$: con $u^2 = 1.5$, $u^3 = 2$, $l_{x+t}^1 = L_{x+t}^1 + L_{x+t}^2$, $l_{x+t}^2 = L_{x+t}^3 + L_{x+t}^4$ e $l_{x+t}^3 = L_{x+t}^5$
- $m^* = 5$: con $u^2 = 1.25$, $u^3 = 1.5$, $u^4 = 1.75$, $u^5 = 2$ e $l_{x+t}^k = L_{x+t}^i$ per ogni $k, i = 1, \dots, 5$, con $k = i$



Implicazioni attuariali: il caso della PAYL

- **E se avessimo accesso ai dati biologici sulla salute degli assicurati?**
- **Pay-As-You-Live** (o wellness insurance): è una forma assicurativa interattiva di tipo **usage-based** a supporto della gestione dello stato di salute dell'assicurato
- Uso di applicazioni e sensori per **collezionare dati real-time sulla salute del cliente** (peso, pressione arteriosa, dieta, qualità del sonno, storia clinica, etc.)
 - ▷ **Assicurati virtuosi** nella gestione della propria salute sono **premiati finanziariamente**: riduzioni di premio o bonus
- Forma assicurativa che introduce la *digital disruption* nel mercato assicurativo vita e salute
- Molti aspetti positivi e molti aspetti critici da esplorare

Implicazioni attuariali: il caso della PAYL

Pay-as-you-live (PAYL)

Technology, including wearables, will drastically impact life and health insurance

Data gathering technology



Device options:

1. Exercise wearables
2. Smart watches
3. Smart scales
4. Smartphones with exercise tracking apps
5. Smart home monitoring systems

These devices allow the user to register their profiles, upload their data to the cloud on a regular basis, monitor and manage behavior, and compare results with peers

Data output

1. Location
 1. Time of day
 2. Activities
 3. Heart beat
 4. Blood pressure
2. Walking distance
3. Sleeping habits
4. Amount of clinic visits
5. Weight/BMI
6. Eating habits
7. Health records
8. Blood sugar level
9. Theft (home security)

Figure: Fonte: Ernst & Young (2015). Usage-based Insurance: the New Normal?

Implicazioni attuariali: il caso della PAYL

PAYL benefits overview

Benefits to society		
▶ Promote/encourage healthy lifestyle habits ▶ Foster healthier society ▶ Reduce health care costs ▶ Become a more productive society by managing fatigue (i.e. sleep pattern)		
Benefits to insurers	Benefits to individuals	Benefits to employers
▶ Ability to price premiums on an individualized basis ▶ Overall reduction of claims frequency, severity, costs ▶ Develop/market highly differentiated insurance products ▶ Shortest, least risky and highest value go-to-market solution ▶ Ability to deploy within 3 phases, 5 programs, with 7 solutions, in 9 steps ▶ Most cost effective healthcare telematics solutions on the market	▶ More control on the premium's cost (improving living standards = lower prices) ▶ Active feedback on living habits thus improving health ▶ Interactive web portal for 100% self service ▶ Smartphone applications allowing 24/7 in-the-palm-of-your-hand convenience ▶ User-friendly wearable fitness tracker device solutions	▶ Customizable rates reduces cost ▶ Overall reduction of claims frequency, severity, costs ▶ Reduce/manage/track workers compensation ▶ Ability to offer differentiated solutions ▶ Access to all data/profiles/risk ▶ More productive employees

Figure: Fonte: Ernst & Young (2015). Usage-based Insurance: the New Normal?

Implicazioni attuariali: il caso della PAYL

Criticità da affrontare:

- Scarso livello di *digital and health literacy*
- Quantificare comportamenti individuali complessi
 - ↪ Limitazioni nello stile di vita sano a causa della condizione socio-economica o per stati di salute mentale
- *The burden of proof*: interpretare se i dati dell'ass.to indicano uno stile di vita sano con effetti positivi o uno stile di vita sano con potenziali effetti negativi
 - ↪ A partire dai dati, come distinguere tra risk-avoidance behavior e risk-taking behavior?
- Data privacy, protection e regolamentazioni di merito
- Dalla mutualità (modello assicurativo collettivo) all'individualizzazione del rischio

Grazie per la vostra attenzione

Contact: mario.marino@deams.units.it



Albrecher, H., Bladt, M., Bladt, M., Yslas, J. (2022). Mortality modeling and regression with matrix distributions. *Insurance:Mathematics and Economics*, 107, 68–87.



Alvarez, J.A., Vaupel, J. W. (2023). Mortality as a function of survival. *Demography*, 60(1): 327-342.



Basellini, U., Camarda, C.G., Booth, H.(2023). Thirty years on: A review of the Lee–Carter method for forecasting mortality. *International Journal of Forecasting*, 39, 1033–1049.



Cheng, B., Jones, B., Liu, X., Ren, J. (2021). The Mathematical Mechanism of Biological Aging. *North American Actuarial Journal*, 25(1), 73-93.



Jackson, S.H.D., Weale, M.R., Weale, R.A. (2003). Biological age - What is it and can it be measured?. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 36(2), 103-115.



Jylhava, J., Pedersen, N.L., Hagg, S. (2017) Biological age predictors. *EBioMedicine*, 21: 29-36.



Lin, S., Liu, X. (2007). Markov Aging Process and Phase-Type Law of Mortality. *North American Actuarial Journal*, 11(4), 92-109.



Milevsky, M. A. (2020). Calibrating Gompertz in reverse: What is your longevity-risk-adjusted global age?. *Insurance: Mathematics and Economics*, 92, 147-161.



Piggott, J., Valdez, E.A., Detzel, B. (2005). The Simple Analytics of a Pooled Annuity Fund. *Journal of Risk and Insurance*, 72, 497-520.



Su, S., Sherris, M. (2012). Heterogeneity of Australian population mortality and implications for a viable life annuity market. *Insurance: Mathematics and Economics*, 51, 322-332.



Willemse, W.J., Kaas, R. (2007). Rational reconstruction of frailty-based mortality models by a generalisation of Gompertz' law of mortality. *Insurance: Mathematics and Economics*, 40(3): 468-484.