



**Working Paper 97/10**

**E SE L'ASPETTATIVA DI VITA CONTINUASSE LA SUA  
CRESCITA? ALCUNE IPOTESI PER LE GENERAZIONI  
ITALIANE 1950-2005**

**Carlo Maccheroni  
Tiziana Barugola**

Carlo Maccheroni \* – T. Barugola \*

**E se l'aspettativa di vita continuasse la sua crescita? Alcune ipotesi per le generazioni italiane 1950-2005<sup>1</sup>**

Abstract

Longevity is one of the most recent striking phenomena of the developed world where the main factor in determining this result has been the rapid decline in mortality in old age. This silent revolution that has completely remodelled the previous mortality patterns offers everyone or almost everyone the possibility of a longer life – deaths are concentrated in elderly or old age groups – so that future evolution will be conditioned by the progress in a more successful ageing. In this field, however, general optimism is to be found in most of international literature, which suggests that further positive surprises are expected.

To formulate the forecast, we have based ourselves on literature to assume the limit characteristics of mortality by making a survival table and inserting this scenario in a timeframe – presumably about the year 2100 for males and females – passing from the current mortality to the limit mortality pattern. The scenario is constructed considering a Weibull model in order to describe endogenous mortality and the recent trend of the causes of death in a group of developed countries for exogenous or accidental causes. The synthetic characteristics of this mortality model are  $e_0 = 108,8$  and a life span of about 130 years.

In order to establish a timeframe for the scenario we used a procedure based on the logit model that has linked the mortality database used (1975 – 2005), with the scenario. More precisely the link was established by extrapolating the historical series of the logit relationship parameters in order to find the convergence of the database to the scenario.

The decreasing evolution gap between current mortality and the limit situation will be bridged with a conventional exponential model and on the historical series thus obtained we applied the Lee Carter model from which the stochastic forecast was derived by estimating the time-varying parameter.

The passage from the forecast of mortality by fictitious cohorts to that by birth cohorts was very fast. As the results of the former cover a period of time which is about as long as the life span of the birth cohorts considered, all the data necessary to describe their future process of mortality are available in the age/time matrix of the results of the forecast by fictitious cohorts, so that the corresponding life tables can be easily obtained.

The ongoing growth in life expectancy with good health has important implications and opens a good deal of debate in several fields regarding elderly people.

Keywords: forecasting, mortality, birth cohorts, Italy

---

\* Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Statistica e Matematica Applicata "Diego de Castro".

<sup>1</sup> Questo lavoro è uno sviluppo di un percorso di ricerca che ha già prodotto risultati sull'argomento; cfr. in particolare, Belloni, Maccheroni (2006).

## **E se l'aspettativa di vita continuasse la sua crescita? Alcune ipotesi per le generazioni italiane 1950-2005**

La mortalità è, fra i fenomeni demografici, quello dove non di rado scenari favorevoli che sembravano proiettarsi lontano nel tempo sono stati in realtà poi raggiunti e superati molto prima di quanto ci si potesse attendere. Se ci riferiamo alla speranza di vita, si possono qui richiamare i risultati delle formulazioni di J. Bourgeois Pichat (1952) sviluppate a partire dalle statistiche della mortalità degli anni '50, formulazioni secondo cui la vita media non avrebbe potuto oltrepassare i 76 anni per un uomo e i 78 per una donna, limiti questi poi ampiamente scavalcati nei paesi del mondo occidentale; in Italia queste soglie venivano raggiunte rispettivamente nel 1982 dalle donne e nel 1999 dagli uomini. La crescita continua dell'aspettativa di vita non poteva non dare spazio all'ottimismo e, col radicarsi di aspettative di ulteriori incrementi – aspettative oggi ancora coltivate e sorrette dall'evidenza empirica – vi è stato allora anche chi come Walford (1984) ha ritenuto plausibile ipotizzare una speranza di vita di 150 anni per il XXI secolo<sup>2</sup>.

Sul versante dei lavori avviati da Bourgeois Pichat, all'inizio degli anni '80<sup>3</sup> B. Benjamin (1982) aveva sviluppato alcune "extreme assumptions" sulla possibile evoluzione della mortalità per causa, ipotesi che lo portavano a valutare a 81,3 e 87,1 i nuovi massimi della vita media per uomini e donne, soglie queste poi sostanzialmente riconfermate da S.J. Olshansky (Olshanski *et al.*, 1990) secondo cui gli 85 anni sono il limite dell'aspettativa di vita del genere umano (88 per le donne, 82 per gli uomini); oggi (2007) in Giappone ed Islanda, i cosiddetti paesi "campioni", la vita media è, rispettivamente, 86,05 per le donne e per gli uomini 79,04.

Ancora, all'inizio degli anni '90 J. Duchêne e G. Wunsch (1991) delineavano il profilo della mortalità limite costruendo la tavola di mortalità corrispondente da cui si ricavava una speranza di vita pari a 91,4 anni; questa è certamente già più lontana dai livelli attuali della vita media, ma vi anche è chi l'ha inserita negli orizzonti cui guardano le previsioni demografiche correnti: un esempio che viene "da vicino" è negli scenari al 2050 predisposti dall'Office Fédéral de la Statistique (OFS, 2006) della Svizzera e che prevede, nell'ipotesi più favorevole, per quella data un incremento di circa 10 anni per la vita media delle donne che si attesterebbe così a 91,5.

Un'ulteriore caratteristica di questa evoluzione è che non soltanto la vita media aumenta, ma anche la longevità: con la diminuzione della mortalità alle età avanzate pure l'età estrema alla morte non ha smesso d'innalzarsi (Wilmoth and Lundstrom, 1996), pur rimanendo ancora lontana dal record di longevità raggiunto da Jeanne Calment morta a 122 anni nel 1997, record che comunque ha solo un valore empirico "provvisorio".

Queste cifre sono una traccia, sotto gli occhi di tutti, di un processo molto articolato (Yhashin *et al.*, 2001) che si muove in due direzioni e che sta dando un nuovo profilo alla curva di sopravvivenza: da un lato essa tende a "rettangolarizzarsi" perché il progressivo controllo della mortalità fino alle soglie della vecchiaia ha visto ridursi sensibilmente il processo di selezione dalla nascita fino alle età mature; il processo di selezione successivo tende ad articolarsi su un arco d'età sempre più ampio – la cosiddetta espansione della mortalità – così l'età limite cui si arresta la curva di sopravvivenza avanza.

---

<sup>2</sup> E' anche in questi anni che si sviluppano e si intrecciano con queste ipotesi quelle di "compressione" (Fries, 1982) e di "espansione" della mortalità (Myers, Manton, 1984).

<sup>3</sup> Va anche precisato che Bourgeois Pichat aveva aggiornato i risultati precedenti nel 1978 portando il nuovo limite a 80,5 anni per le donne e abbassandolo a 73,8 per gli uomini (Bourgeois Pichat, 1978).

Molti biologi hanno valutato intorno 120 anni l'età massima raggiungibile oggi dall'uomo e dietro questo possibile exploit non ci sarebbe solo il contributo della medicina, i successi delle politiche sanitarie, il progresso tecnologico ed il miglioramento del tenore di vita, ma si tratterebbe soprattutto degli individui più resistenti al processo di selezione effettuato dalla mortalità; di questa longevità non potrebbe beneficiare quindi che un numero limitato di persone e si tratterebbe comunque di eccezioni che danno "corpo" ai limiti biologici della nostra specie.

Alla luce di quanto detto, considerare oggi profilli di mortalità che contemplano età estreme di 125 – 130 (Weon – Je, 2009) anni non comporta certo "forzare" i limiti fin qui delineati, ma si tratta piuttosto di approcci che, come avviene nella messa a punto delle attuali tavole di mortalità del mondo occidentale, tengono conto degli sviluppi della ricerca nel campo della longevità.

La longevità però viene da tempo riconosciuta, oltre che come una conquista, anche come un "rischio", anzi come uno dei rischi significativi che impattano sugli oneri finanziari connessi all'invecchiamento della popolazione nei paesi sviluppati con ripercussioni sul settore pubblico e su quello privato: dagli obblighi dei governi sulla tutela delle pensioni, ai fondi pensione e all'attività delle compagnie di assicurazione. In questo contesto le tavole prospettiche che possono rivestire un interesse per mettere a fuoco i rapporti fra generazioni sono quelle longitudinali o per coorte, la cui costruzione richiede pertanto una previsione che spazia dal breve termine per le generazioni più anziane al lungo e lunghissimo termine per quelle più giovani. Si tratta quindi di un obiettivo perseguibile mediante una target-projection (Pollard, 1987; Tabeau, van den Berg Jeths and Heathcote, 2001) da conciliarsi con caratteristiche "limite" della mortalità, che pur se possono essere viste con un qualche scetticismo, sono nel nostro caso un necessario punto di riferimento per un approccio prospettico improntato poi ad allargarsi ad una previsione stocastica.

In particolare la procedura previsiva messa in atto si è articolata sulle seguenti fasi:

- 1) individuazione della serie storica da utilizzare quale base dati ai fini della previsione;
- 2) costruzione di uno scenario "limite" o di riferimento per l'evoluzione a lungo termine della mortalità;
- 3) collocazione temporale di questo scenario rispetto alla serie storica di partenza e suo collegamento con la base dati di partenza;
- 4) trasformazione della previsione da deterministica in stocastica interpretando in chiave probabilistica le stime del parametro che fornisce la traccia dell'evoluzione temporale della mortalità nel modello di Lee-Carter.

A conclusione viene quindi fornita una sintesi dei principali risultati ottenuti.

## **I dati di base**

La serie storica di partenza è stata individuata nella successione di tavole di mortalità a livello nazionale relative al periodo 1975-2005; la scelta di partire dalla seconda metà degli anni '70 ha cercato di conciliare l'attuale disponibilità delle serie storiche Istat col fatto che questa è anche la soglia da cui ha preso avvio l'attuale fase evolutiva segnata da progressi crescenti nella sopravvivenza alle età avanzate e senili e dai primi successi contro le malattie cardiovascolari, successi che si sono poi consolidati ed allargati negli anni successivi al fronte dei tumori; sono queste infatti le due principali cause di morte che continuano a caratterizzare l'attuale quadro nosologico e che costituiscono la quota prevalente delle cosiddette malattie degenerative.

I dati di base sono stati però sottoposti preliminarmente ad un'opportuna revisione per renderli omogenei con gli sviluppi più recenti; per recepire infatti efficacemente quanto

scoperto circa il profilo della mortalità alle età senili, le tavole oggi possono essere integrate mediante modelli che prevedono un andamento delle probabilità di morte a tassi decrescenti dopo gli 80 anni (Vaupel, 1997); le tavole vengono quindi “chiuse” o “prolungate” mediante estrapolazione fino ad età estreme “massime” che ricalcano le soglie di longevità recenti indicate nell’introduzione.

Se oggi a questo scopo è possibile attingere ad un ricco bagaglio metodologico (Coale, Kisker, 1990; Lindbergson, 2001; Denuit, Goderniaux, 2005), nel nostro caso non si poteva non utilizzare la modellistica già seguita dall’Istat (1998) per “chiudere” le tavole all’età di 125 anni sulla base del modello proposto da Kannisto (1998), adattando alle probabilità di morte  $q_x$  nell’arco di età 70-94 anni una funzione di tipo logistico

$$q_x = \frac{\theta \exp(\eta x)}{1 + \theta \exp(\eta x)} \quad [1]$$

ed estrapolandola poi fino all’età di 124 anni; si garantisce così una maggior sintonia fra andamento leggermente concavo delle probabilità di morte alle “ultime” età della vita nella serie storica con quello del modello di riferimento che viene presentato nel paragrafo successivo.

### **Le ipotesi dello scenario “limite” per la mortalità**

Un esame del processo evolutivo della mortalità nell’arco di tempo considerato per la nostra base dati esula dalla nostra analisi; ne vogliamo tuttavia evidenziare alcuni aspetti che hanno fornito spunti importanti alla formulazione della previsione, ricordando qui solo che si è trattato di un’evoluzione particolarmente favorevole, in quanto è proprio in quest’arco di tempo che il nostro Paese perviene a collocarsi fra quelli più longevi del mondo.

Come già detto, una tendenza in atto incontrovertibile è che della riduzione del rischio di morte e della conseguente possibilità di raggiungere età più elevate ha continuato a beneficiare una quota via via crescente delle varie generazioni che si sono succedute; lo testimoniano del resto gli effetti dell’invecchiamento demografico sulla struttura per età della popolazione. Questa tendenza a “sperimentare più avanti” gli eventi dell’ultima fase della vita e l’evento morte in particolare trova riscontro, oltre che nella storia recente, nei cambiamenti dello stesso quadro definitorio di questi eventi; si possono qui citare, fra gli altri, quelli intervenuti nell’inquadrare l’intervallo d’età in cui si colloca la cosiddetta “mortalità evitabile”, intervallo in cui originariamente rientrava una determinata casistica<sup>4</sup> di decessi che avevano luogo tra i 5 e i 64 anni compiuti, oggi il limite superiore è a 75 anni (ERA, 2007).

Quanto però sia cresciuta nel tempo la probabilità di raggiungere soglie d’età avanzate lo si riscontra incontrovertibilmente nelle tavole per contemporanei che lasciano intravedere linee di tendenza stimolanti per gli ottimisti; un esempio per tutti: fra il 1975 ed il 2005 la percentuale di quanti di ogni coorte raggiungerebbero i 65 anni è passata dal 71,5% all’86,2% per gli uomini, dall’84,5% al 92,7% per le donne; non solo, ma se per esercizio, prolungassimo questi trend nell’ultima fascia d’età, dovremmo aspettarci di trovare tra vent’anni ancora presenti all’età di 65 anni tutti i componenti della coorte iniziale; nell’arco di quarant’anni il contingente di partenza raggiungerebbe al completo

---

<sup>4</sup> Si tratta di quei decessi per cause che potrebbero essere efficacemente contrastate con interventi di prevenzione primaria, diagnosi precoce e terapia, igiene e assistenza sanitaria.

gli 80 anni e ci si ritroverebbe quindi di fronte ad una “curva” di sopravvivenza che per un primo, ma lungo tratto, presenterebbe il profilo di un rettangolo.

Fattore determinante dell’attuale fase del processo di rettangolarizzazione sono stati i progressi della lotta contro le malattie degenerative che hanno cominciato a dare i primi risultati negli anni ’70, risultati poi progressivamente consolidatisi; relativamente più recenti, ma non meno importanti sono i primi successi terapeutici contro quelle cause che deteriorano la qualità della vita alle età più avanzate: Alzheimer, Parkinson, ecc. successi che contribuirebbero a rafforzare l’altro processo, quello della cosiddetta “espansione della mortalità”, ovvero dello spostamento in avanti dell’età estrema alla morte. In prospettiva quindi le caratteristiche evolutive della sopravvivenza sono condizionate dagli sviluppi della ricerca.

Oggi comunque le età che una volta erano considerate particolarmente avanzate sono sempre più alla portata di tutti o quasi e si apre quindi per molti la prospettiva di poter aspirare a soglie ancora più avanzate.

“Se una volta gli 80 anni erano un record raggiunto da pochi ed oggi non lo sono più, i record di oggi possono diventare la normalità di domani”, questa considerazione trova, inconsapevolmente, un suo fondamento nel fatto che di ogni nuovo miglioramento di salute di cui si è beneficiato in giovane età si ha giovamento anche alle età più avanzate (Elo and Preston, 1992; Hayward and Gorman, 2004).

Da un punto di vista operativo, le stesse procedure di “chiusura” delle tavole di mortalità anche a 130 anni (Denuit-Goderniaux, 2005) cui prima si è fatto cenno, utilizzate per tener conto pure in prospettiva della longevità potenziale, recepiscono implicitamente i riflessi di un processo di espansione della mortalità, conseguenza di nuovi sostanziali progressi in tutti quei campi in grado di produrre miglioramenti della qualità della vita. Nel quadro generale di questa evoluzione allungare la longevità implica attendersi ancora per il futuro anche una crescita sensibile della speranza di vita perché coniugando i due processi ora descritti si sposta in avanti ovvero si “comprime” verso l’ultima parte dell’esistenza la quota più consistente dei decessi di ogni generazione e cioè del manifestarsi delle cause di morte più diffuse<sup>5</sup>. Del resto, dopo la considerevole riduzione della mortalità alle età infantili e giovanili registrata a partire dagli anni ’50 e non più ripetibile agli stessi ritmi, ogni ulteriore incremento della speranza di vita può essere solo il risultato della flessione della mortalità alle età avanzate e senili, già anticipato dalle tendenze in atto; l’interrogativo nel sondare il futuro non è però tanto su queste caratteristiche dell’evoluzione quanto piuttosto sui possibili limiti che si possono frapporre al suo proseguire.

Potendo qui solo schematizzare i termini del dibattito, richiamiamo, fra gli altri, un articolo dal titolo di per sé molto significativo “Broken Limits to Life Expectancy” (2002) dove J. Oeppen e J. W. Vaupel hanno evidenziato in particolare come nei paesi con la vita media più elevata il trend della speranza di vita delle donne è cresciuto dal 1840 al ritmo di tre mesi all’anno senza ancora manifestare segni di rallentamento. Ciò si coniuga inoltre col rallentamento dei tassi di mortalità alle età estreme e con il loro continuo ridursi; è sulla scia di queste scoperte come pure delle considerazioni precedenti che una “corrente” dei demografi giunge ad ipotizzare il raggiungimento – sempre nei paesi sviluppati – di una speranza di vita alla nascita di 100 anni alle soglie del 2060 e più in generale far ritenere che non si possano prefigurare – almeno fino ad ora e neppure per un futuro immediato – limiti a priori alla longevità e alla speranza di vita, anche perché non si possono escludere futuri progressi sia in campo biomedico,

---

<sup>5</sup> Nel caso in cui l’età estrema fosse fissa, ovvero esistesse un limite biologico della longevità come ipotizzato da Olshanski (Olshanski *et al.*, 1990), non ci sarebbe in prospettiva molto spazio per ulteriori incrementi della vita attesa.

nelle tecnologie per la salute e nella medicina sociale e più in generale nella crescita stessa della società.

Per contro non tutti traggono le loro convinzioni dai risultati forniti dalle evidenze empiriche per cui il limite degli 85 anni all'aspettativa di vita viene ancora sostanzialmente ribadito dieci anni dopo la sua prima formulazione (Olshansky *et al.*, 2001) e "...Any claim that biological age can be measured or modified, must be regarded as entertainment and not science" (Olshansky *et al.*, 2002a). Fra queste due posizioni inconciliabili e fra loro molto distanti vi è anche chi, da un punto di vista differente, vede criticamente la prassi di intravedere dalle estrapolazioni un'anticipazione dei risultati della continuità del progresso, come se il futuro fosse una sostanziale riproduzione dei ritmi del passato – e degli aspetti migliori in particolare – mentre gli scenari si possono costruire su altre realtà. La crescita recente della povertà/precarietà è un'altra realtà che può incidere negativamente sulla qualità della vita e sulla sua durata, ma e vi sono anche altre incertezze che gravano sul futuro, dalle catastrofi naturali a quelle ambientali, fino all'insorgere di nuove epidemie come si è già verificato per l'AIDS.

Per tener conto di un quadro prospettico così articolato, si è messa a punto una previsione stocastica che col suo range abbraccia quindi un intervallo di profili diversi di mortalità, ma che si impernia su un certo ottimismo sulla convinzione che, nei paesi a bassa mortalità, ogni nuova generazione parte e può gestire un "bagaglio" di prospettiva di vita più ricco rispetto a quelle che l'hanno preceduta.

Essendo necessario ai fini della previsione fissare il profilo del rischio di morte per lo scenario di riferimento, si è utilizzata la distribuzione di Weibull che ha già trovato applicazioni, anche dal punto di vista prospettico, nell'ambito che stiamo trattando (Duchêne, Wunsch, 1991; Juckett and Rosenberg, 1993; Maccheroni, 1998 e 2006; Weon, 2004; Dugan *et al.*; 2005; Weon – Je, 2009); nel nostro caso in particolare se n'è finalizzato l'impiego per recepire gli effetti delle prospettive legate al controllo della mortalità dal punto di vista "biologico", per cui il profilo della curva dei decessi appartenenti a questo sottoinsieme di cause di morte è del tipo:

$$f(x) = (b/m) [(x-a)/m]^{b-1} \exp \{- [(x-a)/m]^b \} \quad (x \geq a; a \geq 0, b, m > 0) \quad [2]$$

$$= 0 \quad \text{altrove}$$

dove interpretiamo  $f(x)dx$  come la frazione di componenti di un contingente iniziale eliminati in età  $[x, x+dx)$ ; a questa funzione di densità dei decessi [2] corrisponde la seguente funzione di sopravvivenza

$$l(x) = \exp \{- [(x-a)/m]^b \} \quad (x \geq a; a \geq 0, b, m > 0) \quad [3]$$

La Weibull costituisce quindi uno dei capisaldi su cui si fonda la previsione e la scelta di una funzione a tre parametri –  $a$  la cosiddetta "vita minima",  $b$  il parametro di forma ed  $m$  la cosiddetta "vita caratteristica" – deriva dal fatto che agendo opportunamente su di essi si può controllare sinteticamente un processo di ulteriore rettangolarizzazione con espansione della mortalità [3] e compressione della stessa nella fase finale dell'esistenza. [2]; (C. Maccheroni, 1998). Nel nostro caso si è posto  $a = 70$  "forzando" il concetto di mortalità evitabile ed operando sugli altri due per pervenire ad una longevità di 130 anni circa.

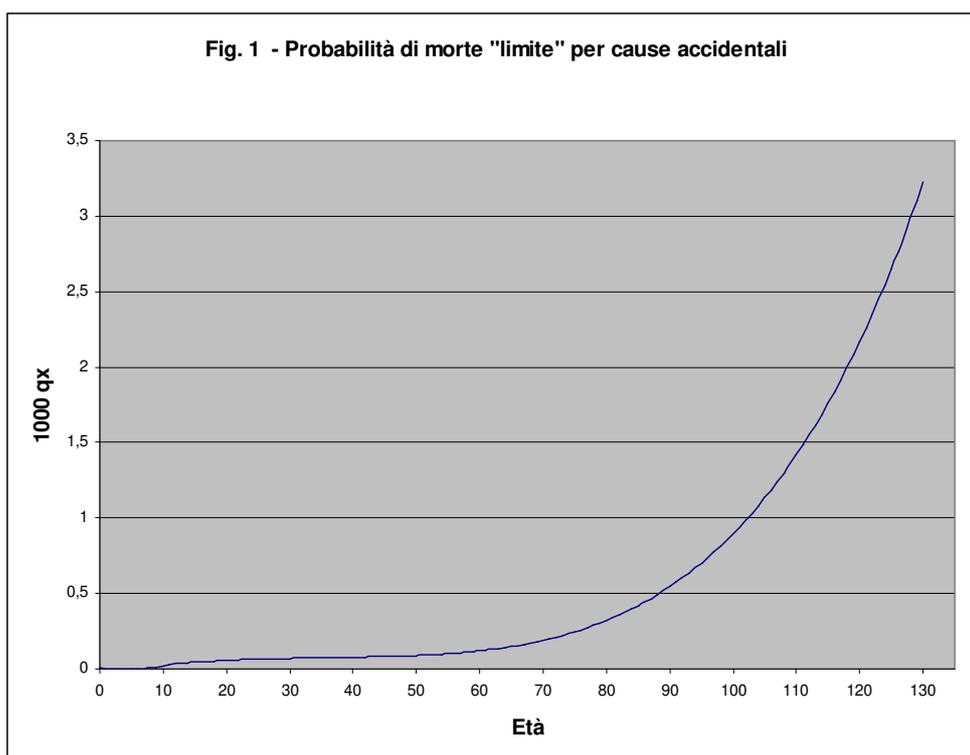
L'altro sottoinsieme di cause di cui bisogna tener conto è quello delle cause, identificate convenzionalmente come accidentali, i cui effetti in futuro potrebbero essere ridotti ancora in misura considerevole, ma non eliminati; si tratta delle cause elencate nella

“short list” Eurostat con il codice E800-E999 e che, per sommi capi, comprendono principalmente “accidenti di trasporto, cadute accidentali, avvelenamenti accidentali, suicidi, omicidi ed altri eventi di intento indeterminato”.

La scelta di partire da queste due categorie deriva dal fatto che i relativi gruppi di cause di morte generano modelli di mortalità diversi (Carnes, Olshansky, 1993 e 1997) che vengono poi incorporati in quello della mortalità generale per cui si fornisce la previsione.

Per questo secondo gruppo di cause di morte non esistono criteri di riferimento che consentano di ricavare la situazione di minimo, se n'è quindi ipotizzato il livello alle varie età a partire dai tassi specifici minimi (Nizard et Vallin, 1970) rilevati nell'Europa occidentale e forniti da Eurostat per il 2005-'07. Questi tassi “minimi” – che indichiamo più in generale con  ${}_n t_x$  – sono stati registrati prevalentemente nel Nord Europa (Svezia, Norvegia, Islanda, Danimarca, Lussemburgo, Regno Unito) per le classi d'età fino a 80 anni ed in Grecia in quelle successive. La funzione empirica che descrive il livello minimo di mortalità accidentale risulta quindi costituita, salvo che nella prima fascia d'età, dai tassi femminili; da questi tassi sono state poi ricavate le corrispondenti probabilità di sopravvivenza (Reed, Merrel, 1939)

$${}_n p_x = \exp(- {}_n t_x - 0,008 n^3 {}_n t_x^2) \quad [4]$$



Fonte: nostre elaborazioni su dati Eurostat.

che [4] hanno consentito di determinare i sopravvissuti della tavola abbreviata. Sui sopravvissuti così ottenuti è stata poi adattata una polinomiale di 5° grado da cui si è ricavata la funzione di sopravvivenza della tavola completa e quindi le corrispondenti probabilità di morte (fig. 2).

Le probabilità di morte della tavola “limite” utilizzata come scenario sono state quindi ottenute aggregando quelle fornite dalle due procedure fin qui sintetizzate i cui risultati

sono riportati alla fig. 2, dove<sup>6</sup> si evidenzia chiaramente il processo di espansione dell'età di morte (fig. 2 – a): l'età intorno a cui si concentrano i decessi sono i 110 anni rispetto agli 83 attuali (2006) nel caso delle donne, la speranza di vita alla nascita si attesta sui 108,8 anni, la vita probabile è approssimativamente dello stesso ordine di grandezza e la longevità sfiora i 130.

## Il collegamento tra scenario “limite” e la serie storica dei dati di base

In generale la costruzione delle tavole di mortalità prospettive avviene nel quadro di un processo bidimensionale età-tempo che va ora opportunamente costruito. Nel nostro caso la tavola “limite” sintetizza per entrambi i sessi il profilo del rischio di morte per età derivante dall'aggregazione di due gruppi di cause di morte mutuamente escludentesi a vicenda ed è stata costruita in modo del tutto indipendente dalla base dati di partenza e senza ipotizzare una sua collocazione temporale. Per ovviare a questo problema, il collegamento tra questi due insiemi di tavole di mortalità è stato stabilito mediante l'impiego del modello relazionale [5] (Brass, 1971) che consente di ridurre la complessità dell'informazione su cui si lavora, in quanto grazie ai suoi parametri è possibile seguire l'evoluzione del processo messo in atto fino al momento della convergenza.

Per il modello relazionale si è assunto quale standard la funzione di sopravvivenza “limite”  $l_{lim}(x)$  costruita come si è detto, per cui si ha

$$Y_{xt} = \alpha_t + \beta_t Y_x^{lim} \quad [5]$$

dove  $Y_x^{lim}$  è il logit tratto da  $l_{lim}(x)$  e  $Y_{xt}$  quello dedotto, distintamente per sesso, dalle  $l_t(x)$  delle tavole osservate e “chiuse” secondo la metodologia Istat prima indicata [1] per gli anni 1975-2005.

Le stime dei parametri –  $\alpha^*_t$  e  $\beta^*_t$  ( $t = 1975, 1976, \dots, 2005$ ) – della [5] sono state ricavate col metodo dei minimi quadrati e le successioni temporali così ottenute (fig. 3) sono state studiate al fine di verificare empiricamente l'esistenza o meno di un processo di convergenza delle tendenze delle serie storiche verso lo scenario “limite”.

I risultati ottenuti sono del tutto in linea con le aspettative: come si può notare infatti dalle fig. 4a e 4b l'andamento di  $\alpha^*_t$  ( $\alpha^*_t > 1$ ) è approssimativamente decrescente, ovvero anche se il livello di mortalità descritto dalle serie storiche dei maschi e delle femmine è sempre superiore a quello dello scenario “limite”, tuttavia il divario si va tendenzialmente riducendo col passare del tempo; anche  $\beta^*_t > 1$  e i risultati stanno ad indicare che il rischio di morte descritto dalle serie storiche aumenta con l'età più rapidamente rispetto allo scenario “limite”, ma anche in questo caso c'è in atto nel tempo un processo di avvicinamento alla tavola “limite”. Le due successioni dei parametri così ottenute –  $\alpha^*_t$  e  $\beta^*_t$  ( $t = 1975, 1976, \dots, 2005$ ) – sono state quindi estrapolate adattandovi un trend lineare e da queste nuove successioni  $\alpha^{**}_t$  e  $\beta^{**}_t$  ( $t = 2006, 2007, \dots$ ) si è ricavato il momento  $T$  in cui  $\alpha^{**}_t \rightarrow 0$  e  $\beta^{**}_t \rightarrow 1$ , ovvero il momento in cui [5] si realizza la convergenza allo scenario “limite”, convergenza che nel caso delle donne avverrebbe nel 2097 ( $T_F$ ) e che nel caso degli uomini nel 2111 ( $T_M$ ), differenze queste da ricollegare al differenziale di mortalità di partenza tra i sessi.

<sup>6</sup> Come si è già detto, la base dati utilizzata si riferisce al periodo 1975-2005; nella fig. 2 il confronto è effettuato però con la tavola di mortalità del 2006, in quanto si tratta degli ultimi dati disponibili alla conclusione di questo lavoro.

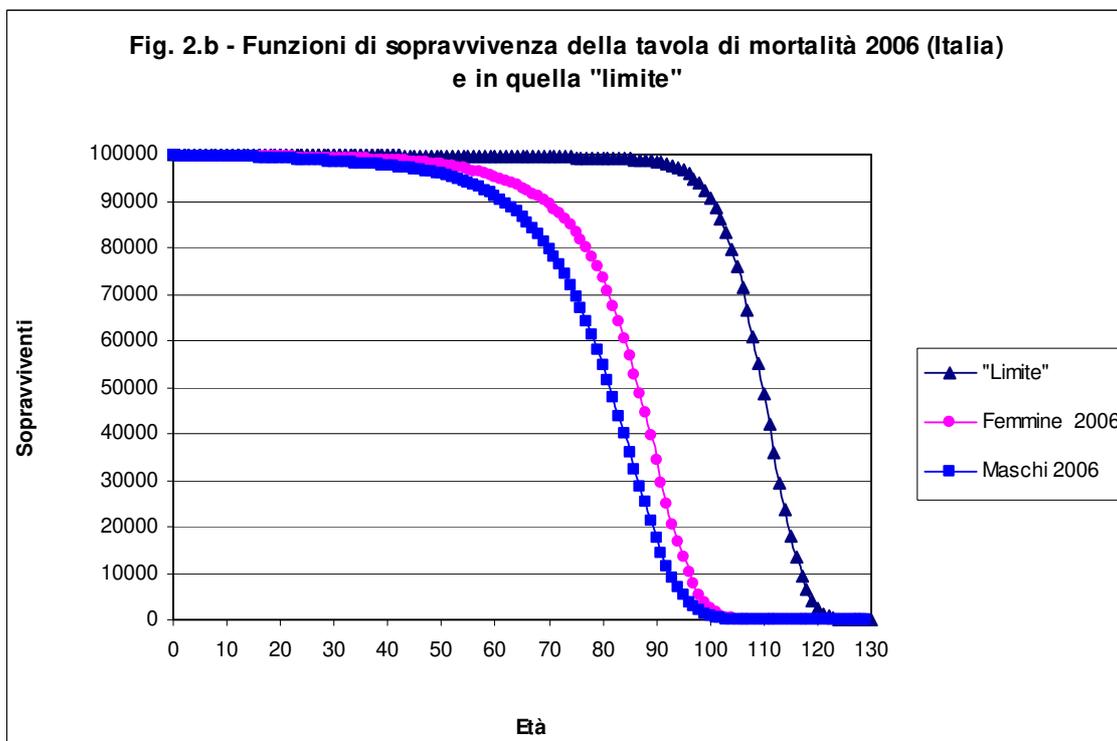
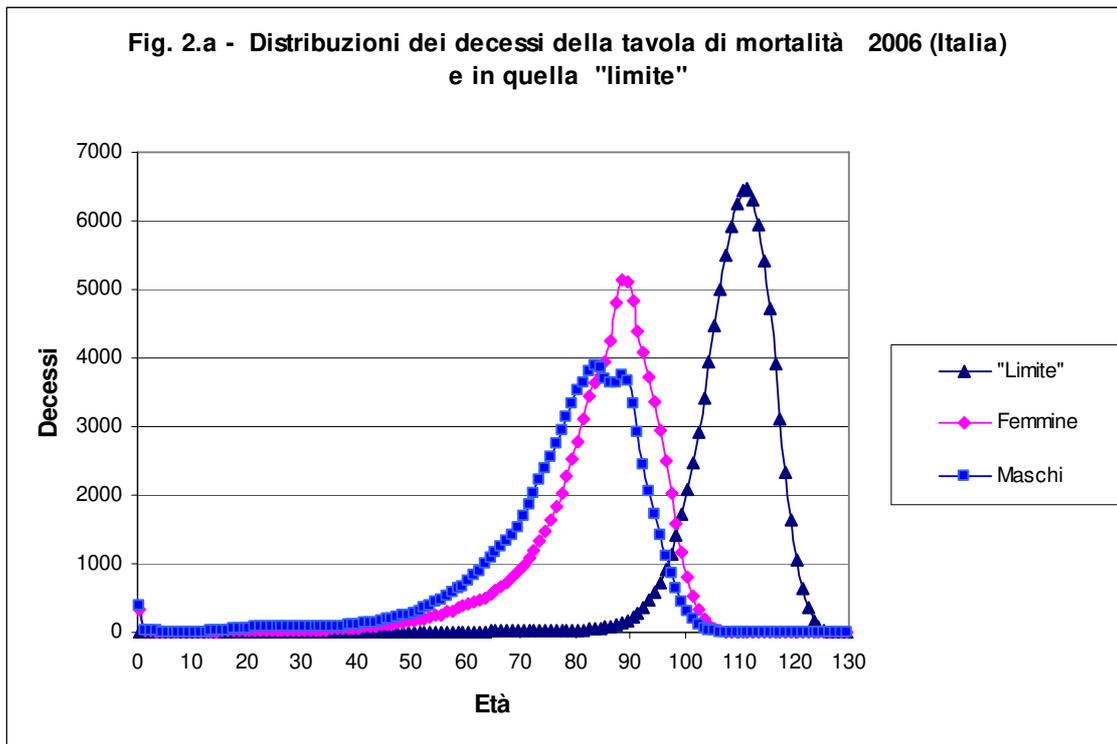


Fig. 2

Fonte: nostre elaborazioni su dati Istat.

Dal punto di vista applicativo la nostra proiezione si arresta però al 2095, sia ai fini di un confronto fra maschi e femmine, ma soprattutto perché, come indicato nel paragrafo successivo, la previsione da deterministica viene trasformata in stocastica, per cui fissato un livello di confidenza, si ricava un estremo inferiore ed un estremo superiore alla previsione stessa e si viene così a ridimensionare il ruolo inizialmente assegnato allo scenario “limite”.

Prima di affrontare gli sviluppi metodologici messi in atto per giungere ad una previsione stocastica, si vuole qui richiamare l’attenzione sulle due soglie temporali ( $T_F$  e  $T_M$ ) ottenute con l’extrapolazione lineare dei parametri della [5]. Se, come si è detto, lo scenario di riferimento è stato costruito in modo del tutto indipendente dalla serie storica di partenza e dalla procedura utilizzata per fornirgli una collocazione temporale, è però interessante constatare che il prolungamento del trend lineare della speranza di vita degli uomini costruito sulla base dati 1975-2005 fornisce al 2111 un valore pari a 108,14, cioè pressoché identico a quello della tavola “limite” (108,78), mentre nel caso delle donne si avrebbe al 2097 un risultato ad esso molto prossimo: 106, 71.

Per raggiungere queste soglie si dovrebbero colmare in prospettiva le distanze fra funzioni di sopravvivenza che si colgono alla fig. 3 – b, distanze che risultano particolarmente consistenti tra i 40 e i 105 anni.

Assegnata, come si è visto, la collocazione temporale a  $l_{lim}(x)$ , resta da completare il collegamento età per età tra la base dati di partenza e  $l_{lim}(x)$ , collegamento che porta alla previsione in senso stretto. Per colmare il gap tra il 2005 e  $T_M$  e  $T_F$  si può utilizzare la successione di tavole che si ricavano dalla [5] utilizzando per ogni  $t = 2006, 2007, \dots$ , i valori estrapolati  $\alpha^{**}_t$  e  $\beta^{**}_t$ , ma sarebbe arbitrario individuare nell’uno o nell’altro di questi due parametri [5] quello che dà conto del trend temporale dell’evoluzione della mortalità e su questo intervenire.

Tra i modelli più recenti quello di Lee e Carter (LC) (1992) include fra i suoi parametri quello che descrive l’evoluzione generale della mortalità ed è proprio su questi dati che vengono costruite le previsioni; è quindi questo lo strumento utilizzato per concludere il nostro lavoro.

Il modello LC appartiene alla famiglia di quelli esponenziali introdotta circa due secoli fa da Gompertz

$$m_{xt} = \exp(a_x + b_x k_t + \varepsilon_{xt}) \quad [6]$$

ma per quanto concerne le stime dei parametri si utilizza la trasformazione

$$\ln(m_{xt}) = a_x + b_x k_t + \varepsilon_{xt} \quad [7]$$

dove, molto sinteticamente (Lee – Carter, 1992),  $m_{xt}$  è il tasso di mortalità all’età  $x$  al tempo  $t$ ,  $a_x$  il parametro che descrive il profilo generale della mortalità al variare dell’età;  $b_x$ , è una componente specifica riferita all’età e dà conto di come velocemente o lentamente la mortalità è variata ad ogni età al cambiare dell’evoluzione generale descritta dal parametro  $k_t$ , quello cui si faceva prima riferimento, infine l’ultima componente è l’errore  $\varepsilon_{xt}$  (con valore atteso nullo e varianza  $\sigma^2$ ) che riflette le influenze storiche su una data età  $x$  al tempo  $t$  non spiegate dal modello.

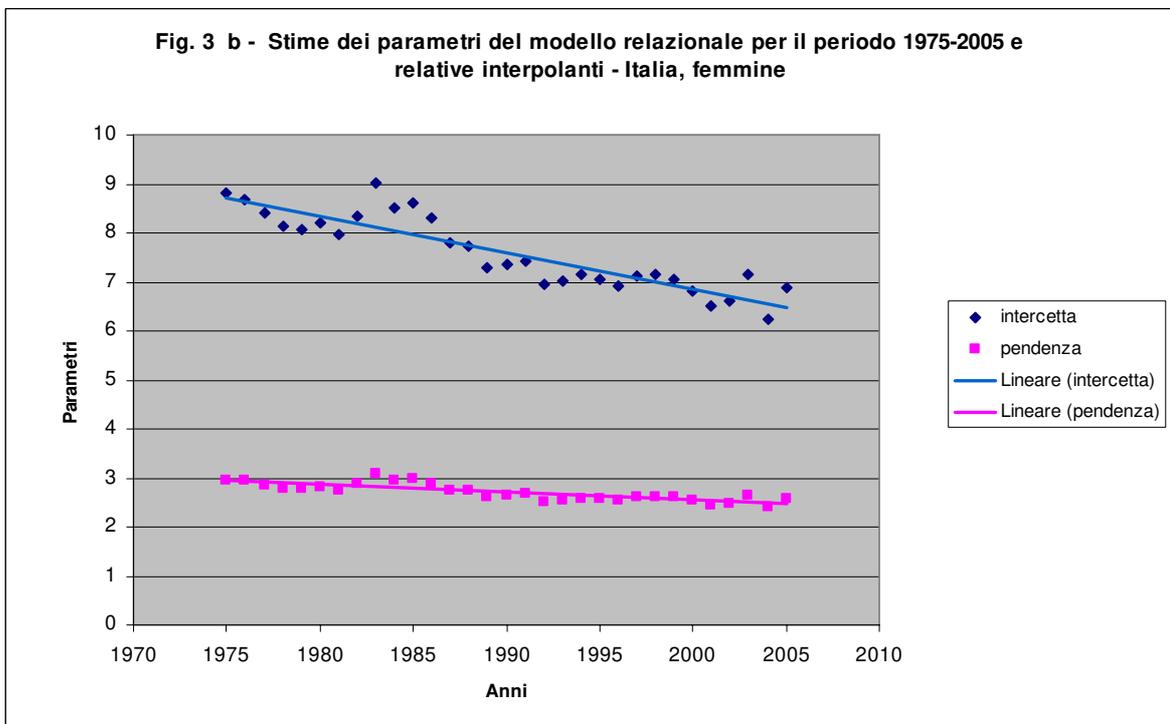
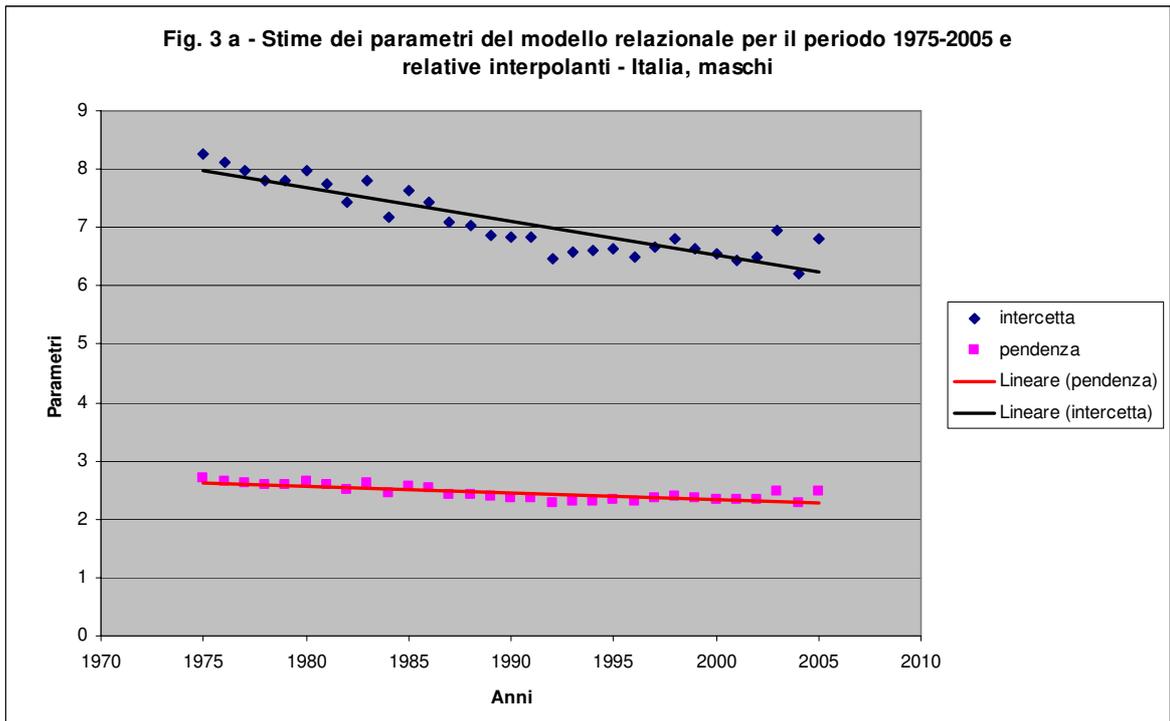


Fig. 3

Nelle applicazioni la previsione deriva dal modello che viene adattato al trend messo in luce da  $k_t$ , modello che dà luogo a simulazioni con risultati di tipo deterministico o stocastico. Nel nostro caso non è possibile procedere a questo tipo di approccio in quanto si è già predisposto uno scenario di riferimento cui è stata data anche una collocazione temporale ed è estremamente improbabile, simulando l'ulteriore evoluzione del modello LC con le stime ottenute dalla base dati 1975-2005, pervenire allo scenario predisposto.

Per utilizzare il modello LC si è quindi prima assicurata la continuità temporale tra le tavole di mortalità della base dati e lo scenario facendo evolvere la mortalità ad ogni età tra il 2005 e il 2110 ( $T_M$ ) nel caso dei maschi, e tra il 2005 ed il 2097 ( $T_F$ ) nel caso delle femmine con una riduzione a un tasso costante e pari a quello medio – ottenuto come media geometrica – ad ogni età.

$$q_{x,t} = q_{x,2005} \exp\{\lambda_x (t-2005)\} \quad [8]$$

(Pollard, 1987) ( $\lambda_x < 0$ ). Garantito così il collegamento ad ogni età fra i dati di base e la tavola “limite”, si è applicato il modello LC alle due successioni di tavole di mortalità relative al periodo 1975-2097 per le femmine, e 1975-2110 per i maschi.

L'utilizzo del modello LC è stato pertanto quello di rimodellare i tassi di mortalità specifici per età tenendo conto della base dati e di affinare la previsione preliminare precedente [8] grazie alla sua funzione combinata di modello demografico e di approccio statistico delle serie temporali.

## **Il passaggio alla previsione stocastica.**

L'impiego di LC ci ha fornito anche lo spunto per sviluppare una previsione di tipo stocastico che è stata però ricavata con un approccio differente rispetto a quanto avviene nella prassi.

I parametri del modello sono stati stimati distintamente per maschi e femmine sulla base delle due corrispondenti successioni di tavole di mortalità; la metodologia indica come stima migliore di  $a_x$  la media dei logaritmi dei tassi di mortalità alle varie età nell'intervallo di tempo preso in esame; per quanto concerne gli altri due parametri<sup>7</sup> si è utilizzata, come solitamente avviene, la “singular value decomposition” (SVD) della matrice degli scarti fra logaritmo naturale dei tassi di mortalità [7] e la stima di  $a_x$  (Barugola, Maccheroni, 2007), procedura che fornisce la stima dei vettori  $\mathbf{b}$  e  $\mathbf{k}$  (Strang, 2003; Girosi e King, 2006). In vista di questa SVD, nella costruzione della matrice ci si è trovati di fronte all'esigenza di conciliare la dimensione della serie temporale considerata (figg. 4) – l'arco di tempo coperto dai dati di base e dalla previsione preliminare – con l'articolazione per età dei tassi di mortalità. Per effettuare una decomposizione omogenea per maschi e femmine si è deciso quindi di considerare in questa fase i tassi fino all'età massima di 119 anni per “chiudere” poi le tavole proiettate ottenute con LC – anche nella versione stocastica – col metodo Denuit-Goderniaux, (2005) il che ha richiesto ovviamente un riaggiustamento dei risultati ottenuti.

---

<sup>7</sup> Il procedimento di stima di questi due parametri necessita l'imposizione di alcune condizioni; la scelta proposta da Lee e Carter, e maggiormente presente nella letteratura, è che  $\sum_{x=1}^{\omega-1} b_x = 1$  e  $\sum_{t=1}^T k_t = 0$ .

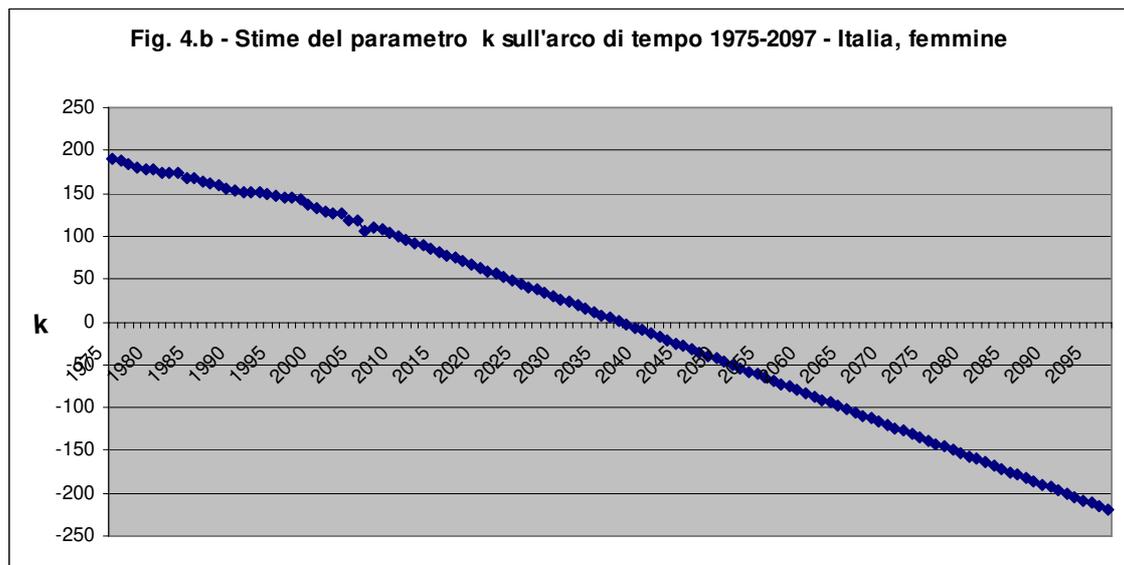
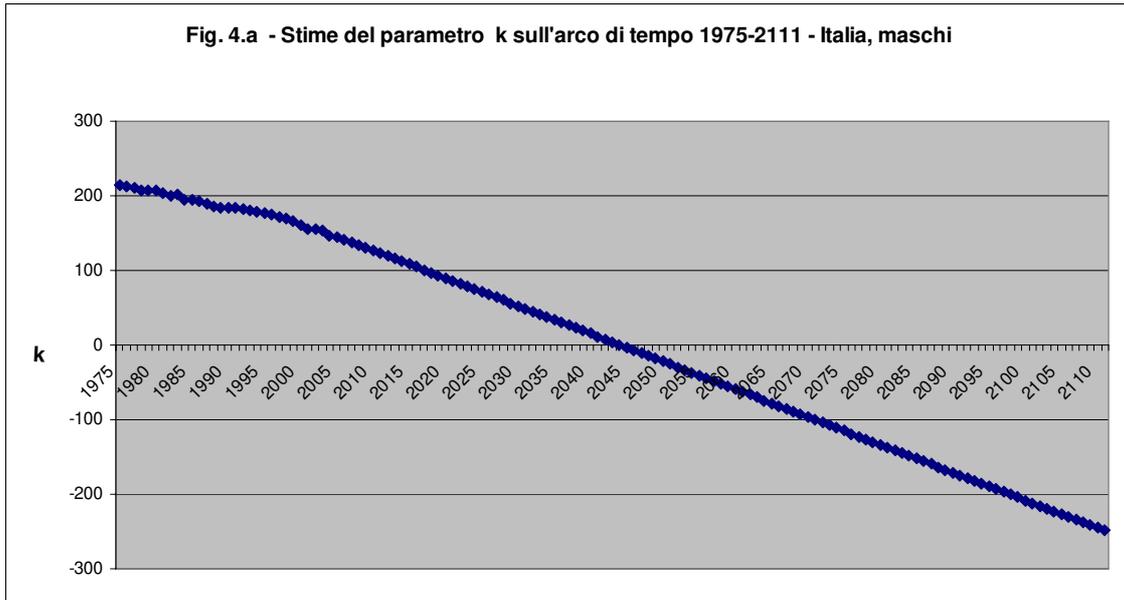


Fig. 4

Essendo  $k_t$  l'indice che delinea l'evoluzione generale della mortalità nella serie considerata, è quest'ultimo che costituisce l'elemento chiave dell'ultima fase della previsione. Come si vede dalle figg. 4, il collegamento effettuato mediante la [8] produce, come era da attendersi, un trend lineare per la successione delle stime di  $k_t$ , trend che prolunga la diminuzione della mortalità registrata all'incirca dalla fine degli anni '90; combinando le stime di  $k_t$  con quelle degli altri due parametri [6], si ricava quell'insieme ordinato nel tempo di tavole che costituiscono l'elemento centrale della nostra previsione. Queste tavole non convergono però esattamente alla tavola "limite", ma se ne discostano un po'; seguendo il nuovo processo evolutivo verso  $T_M$  e  $T_F$ , si riscontra che i profili delle nuove funzioni di mortalità previste arrivano ad approssimare quella "limite", restandone leggermente al di sotto fin verso i 45 anni per gli uomini, i 50 per le donne – migliorando quindi sia pur di poco la sopravvivenza alle

età giovanili e centrali – e al di sopra dopo queste età, differenziandosene maggiormente man mano che si procede verso le età avanzate.

Vi è incertezza su quale possa essere in realtà l'evoluzione futura di  $k_t$ , incertezza rafforzata dalla lunghezza dell'intervallo di tempo su cui si lavora e che anche mal si concilia col dover considerare il parametro  $b_x$  costante, come risulta dal modello [6]; questi fattori pertanto hanno indotto a considerare oltre alla previsione che si ricava dall'andamento di  $k_t$  (figg. 4) anche quella collegata ai relativi intervalli di confidenza. La successione temporale delle stime dei  $k_t$  può essere vista come articolata in due sottoinsiemi; il primo

$$H_1 = \{k^*_{1975}, k^*_{1976}, \dots, k^*_{2005}\} \quad [9]$$

è costituito da dati derivanti dall'osservazione; nel secondo invece

$$H_2 = \{K^*_1, K^*_2, \dots, K^*_t, \dots, K^*_T\} \quad [10]$$

i  $K^*_t$  hanno origine dall'evoluzione temporale collegata al modello deterministico [8] impiegato per la previsione preliminare.

Il passo successivo è stato quindi quello di inquadrare questi risultati [10] da un punto di vista stocastico onde gestire la previsione rimodellata col modello LC all'interno di intervalli di confidenza.

Assumiamo che la successione dei  $K^*_t$  sia l'espressione dei valori attesi della successione di v.a.  $\mathbf{K}_t$  tutte caratterizzate dal possedere distribuzione normale; in particolare l'incertezza, che qui viene espressa in termini di varianza, connessa al primo termine della successione dei  $K^*_t$  è l'eredità del "passato" [9]

$$\mathbf{K}_1 \sim N(K^*_1, \sigma_k^2)$$

con  $\sigma_k^2 = \text{Var}\{k^*_{1975}, k^*_{1976}, \dots, k^*_{2005}\}$ ; ovvero l'incertezza relativa al primo termine è imputabile alla variabilità della serie storica iniziale.

Dato poi il trend pressoché lineare che caratterizza la successione dei  $K^*_t$  [10] (fig. 4), si può assumere

$$\mathbf{K}_2 = u_1 + v_1 \mathbf{K}_1$$

$$\text{con } \mathbf{K}_2 \sim N(K^*_2, \text{Var}\{\cdot\})$$

Essendo però  $\text{Var}\{\mathbf{K}_2\} = v_1^2 \text{Var}\{\mathbf{K}_1\} = v_1^2 \sigma_k^2$  si ha che

$$\mathbf{K}_2 \sim N(K^*_2, v_1^2 \sigma_k^2)$$

dove  $v_1^2$  viene stimato a partire dalla relazione lineare tra i due sottoinsiemi  $\{k^*_{1975}, k^*_{1976}, \dots, k^*_{2005}, K^*_1\}$ ,  $\{k^*_{1976}, \dots, k^*_{2005}, K^*_1, K^*_2\}$ .

La procedura viene quindi ripetuta fino a pervenire alla varianza di  $\mathbf{K}_T$  e, grazie alla successione di distribuzioni normali così centrate sui  $K^*_t$ , è possibile individuare due traiettorie che sono l'estremo inferiore e l'estremo superiore di un intervallo di confidenza che nel nostro caso è stato costruito al livello 0,9. In particolare l'estremo sinistro dell'intervallo è quello che fa registrare la mortalità più bassa e nelle presentazioni successive è indicato con la dizione "estremo inf."; viceversa per l'estremo destro che viene indicato come "estremo sup." (figg. 5 e 6).

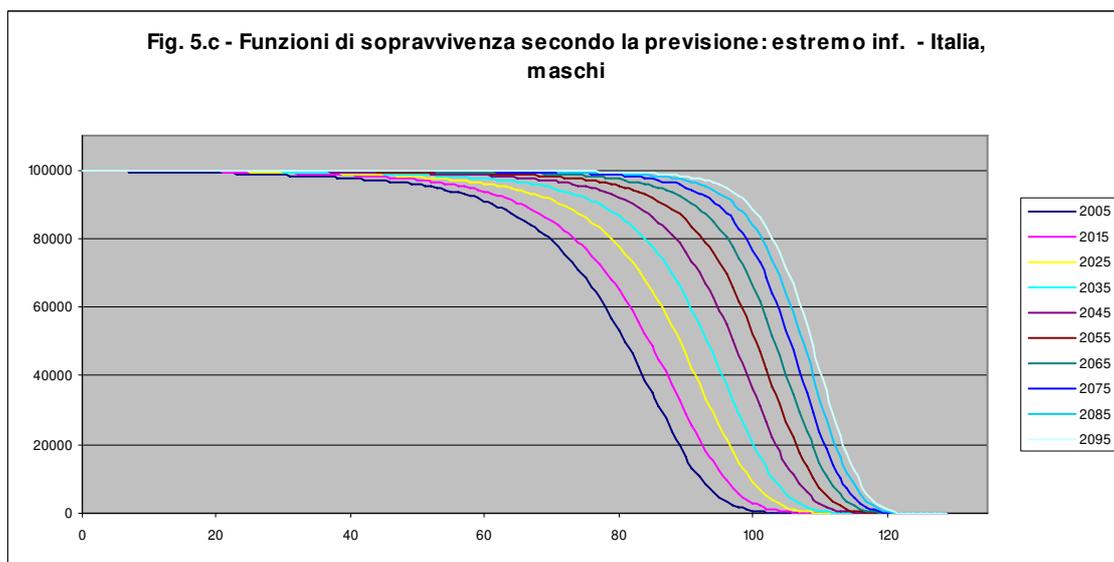
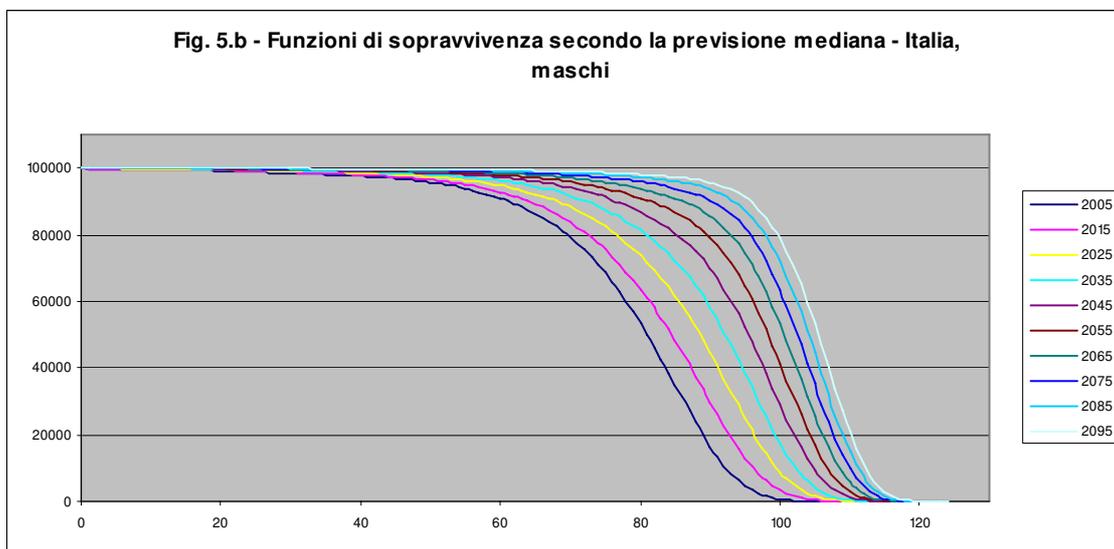
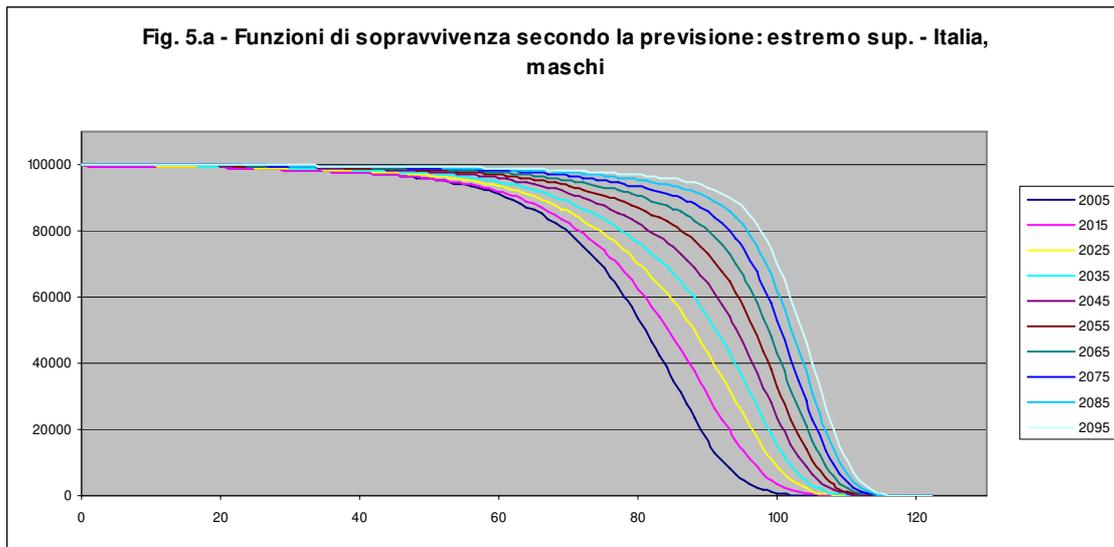


Fig. 5

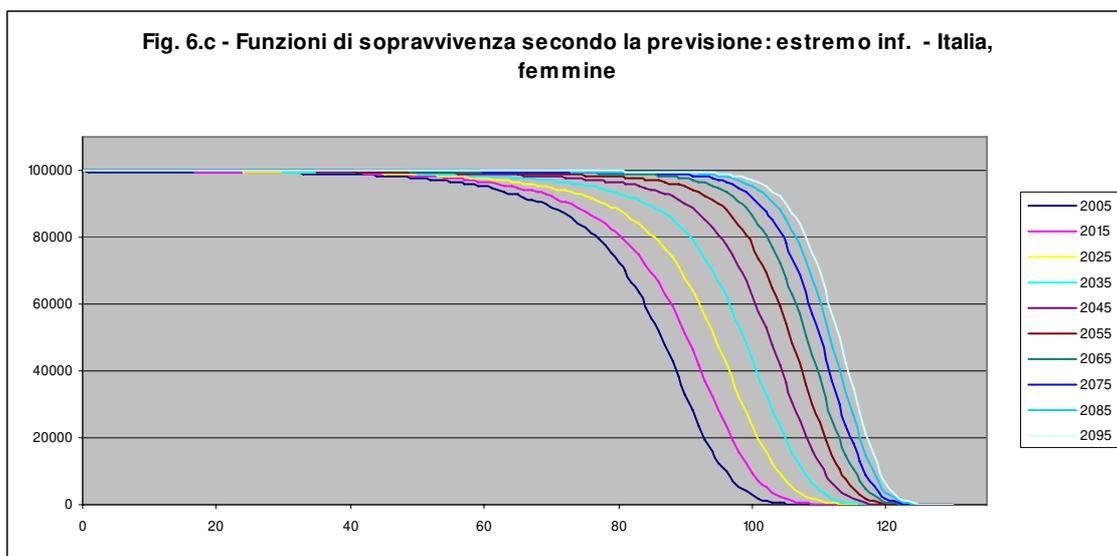
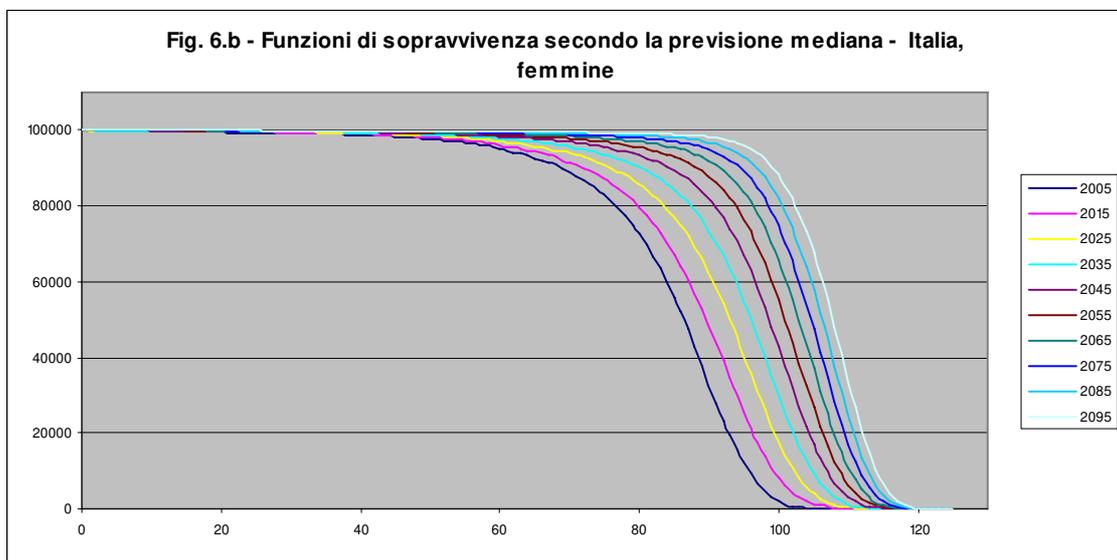
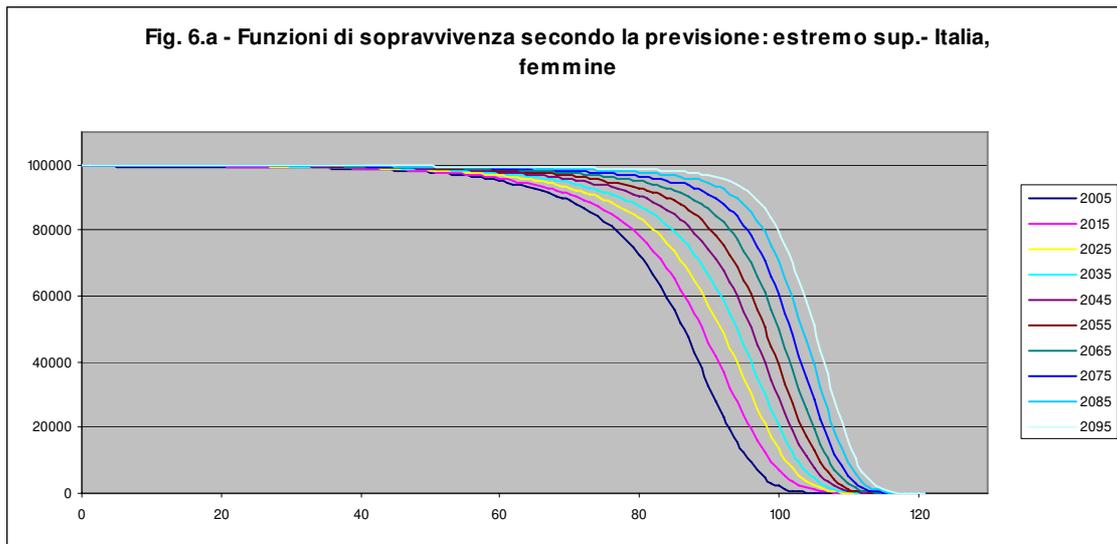
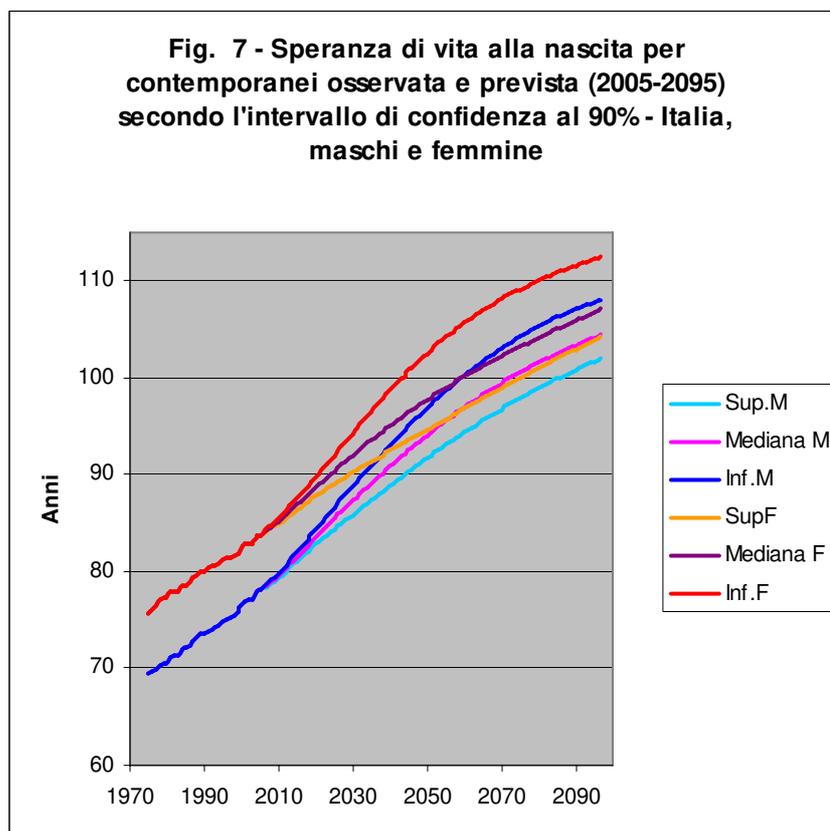


Fig. 6

Le tre matrici delle probabilità di morte ottenute coprono un arco temporale di dimensioni sufficienti per ricavare una previsione oltre che per contemporanei, anche per generazioni; questo vale certamente per le coorti antecedenti al 1975, mentre per quelle più recenti nate alla soglia degli anni 2000 si è reso necessario ricorrere alla “chiusura” delle tavole adattando alle età avanzate una delle metodologie recenti; nel nostro caso si è ritenuta più idonea quella proposta da Denuit e Goderniaux (2005).



## Conclusioni

Una valutazione orientativa di una previsione della mortalità si ricava generalmente confrontando i risultati ottenuti per la speranza di vita alla nascita con quelli forniti da altri studi, anche se le basi dati e le metodologie impiegate sono in molti casi diverse. Va subito precisato che le previsioni a lungo termine non sono frequenti nella letteratura e tanto meno per l'Italia. Un'analisi comparativa non può quindi che avvenire nel quadro dei paesi sviluppati dove i tassi di mortalità nel periodo di base da noi preso in esame (1975-2005) sono globalmente diminuiti, ma con una certa variabilità per età e paese (Tuljapurkar *et al.*, 2000).

Dalla letteratura emerge che gli USA sono stati finora uno dei paesi oggetto a più riprese di previsioni a lungo termine. Una traccia di questi lavori compare a tav. 1 dove, fra le varie indicazioni, vengono riportati i livelli della speranza di vita nell'anno di partenza e nell'anno finale, mentre nelle ultime due colonne ci sono i risultati delle previsioni qui effettuate. Non sempre è possibile un confronto diretto: se nel caso di Sanderson e Scherbov (2004) l'intervallo di confidenza fornito sia per gli USA che per la Germania risulta molto più ampio e quindi contiene i valori della nostra previsione per l'Italia, che già risultava in una posizione di partenza migliore, per quanto concerne

Tab. 1 – Alcuni confronti fra le speranze di vita alla nascita per contemporanei e quelle fornite dalla nostra previsione (\*) (ultime due colonne)

FONTE - Paese	Anno iniziale	Anno finale	Anno iniziale	Anno finale
	M/F	M/F	M/F	M/F
Ahlburg-Vaupel (1990)				
USA	1987	2080	2005	2080
Low		71,4 / 78,2		98,9 / 100,9
Medium	71,4 / 78,2	84,0 / 89,0	78,1 / 83,6	101,5 / 104,1
High		96,0 / 100,0		105,3 / 110,0
Teitelbaum (2000)				
USA	1999	2100	2005	2097
Low		85,0 / 89,3		102,0 / 104,3
Medium	74,1 / 79,8	88,0 / 92,3	78,1 / 83,6	104,4 / 107,1
High		92,3 / 95,2		108,1 / 112,5
	F	F	F	F
Sanderson-Scherbov (2004)				
1) USA	2002	2100	2005	2097
I.C. 95% - Lower limit		90		104,3
	80,1		83,6	107,1
I.C. 95% - Upper limit		115,3		112,5
2) Germany	2002	2100	2005	2097
I.C. 95% - Lower limit		90		104,3
	81,2		83,6	107,1
I.C. 95% - Upper limit		116		112,5
	M/F	M/F	M/F	M/F
European Commission (2005)				
1) Italy - Naive forecast (**)	2000	2050	2005	2050
Lower limit		78,9 / 84,8		91,7 / 94,6
Point forecast	76,3 / 82,6	84,3 / 90,2	78,1 / 83,6	94,1 / 97,7
Upper limit		89,7 / 95,6		96,9 / 102,5
2) Italy - Time series forecast (**)	2000	2050	2005	2050
Lower limit		86,9 / 93,3		91,7 / 94,6
Point forecast	76,3 / 82,6	89,4 / 95,5	78,1 / 83,6	94,1 / 97,7
Upper limit		91,8 / 97,5		96,9 / 102,5
3) Italy - Expert forecast (**)				
Lower limit		83,7 / 88,8		91,7 / 94,6
Point forecast	76,3 / 82,6	88,4 / 94,3	78,1 / 83,6	94,1 / 97,7
Upper limit		99,4 / 105,3		96,9 / 102,5

(\*) I risultati dell'ultima colonna si riferiscono nell'ordine al limite superiore, al punto mediano ed al limite inferiore di un intervallo di confidenza (I.C.) al 90%.

(\*\*) I.C. 80%.

i risultati di Ahlburg e Vaupel (1990), va sottolineato che la variazione relativa della speranza di vita prevista per gli uomini USA nell'ipotesi alta sarebbe superiore a quella che secondo noi potrebbero far registrare gli italiani. Valutando sempre in termini relativi, rileviamo invece che il nostro approccio prospetta un'evoluzione più favorevole della sopravvivenza rispetto a quanto previsto dallo studio di Teitelbaum (tab. 1).

Se ci si ferma al 2050 e pur nei limiti di confronti fra risultati derivanti da metodologie differenti, gli estremi del nostro intervallo di confidenza sono interni a quello indicato dagli esperti che hanno lavorato per conto dell'UE; se ci si raffronta con i risultati della modellistica applicata allo studio delle serie temporali (tab. 1) la nostra previsione risulta certamente più ottimistica; qualche perplessità lasciano invece i risultati dell'approccio naif che nel "lower limit" prevede per il 2050 livelli di speranza di vita già raggiunti nel nostro Paese nel 2007.

Il confronto fra coorti (figg. 8 e 9) per quanto concerne le speranze di vita previste ad alcune età – confronto che può essere sistematico solo dopo i 70 anni – evidenzia inizialmente un progressivo incremento di sopravvivenza, differente a seconda della previsione, e che ovviamente si annulla all'aumentare dell'età; questi differenziali rallentano però da una certa coorte in poi, coorte che risulta più o meno centrale – non oltre quella nata nel 1975 – rispetto al periodo considerato (figg. 8 e 9) e la cui posizione varia passando dalla previsione fornita dall'estremo superiore a quello inferiore e per sesso.

E' questo un risultato che in prospettiva potrebbe avere conseguenze positive in quanto la riforma delle pensioni introdotta nel 1995 – che non andrà a regime prima del 2020 – non ipotizza attualmente una differenziazione dei coefficienti di sostituzione (Ferrara, 20007) per coorte, per cui se si realizzasse un processo del tipo qui delineato, sarebbero meno stridenti le iniquità intergenerazionali stabilite *ope legis* a carico delle coorti più anziane, cui viene attribuita la stessa longevità di quelle più giovani, ovvero esattamente il contrario di quanto è avvenuto e sta avvenendo. Inoltre, sempre da questo punto di vista, il generale e consistente allungamento della vita previsto richiede che venga valorizzata di più la flessibilità dell'età al pensionamento, introducendo modifiche normative necessarie a consentire a chi lo vorrà, di andare in pensione oltre le attuali soglie massime (65 anni per gli uomini e 60 per le donne).

Le previsioni demografiche coprono solo uno scorcio del possibile e quindi sono ben lontane dallo scandagliare il futuro; tuttavia molti dei risultati delle figg. 8 e 9 come pure quelli alla tab. 1 prospettano per la fine di questo secolo la plausibilità di una vita media di 100 anni e forse più, ponendo così molteplici interrogativi su quale potrebbe essere il "prezzo" che l'individuo e la società si troverebbero a dover "pagare" per questo risultato.

Note le nostre attuali caratteristiche demografiche, ci attende un più accentuato processo di invecchiamento della popolazione e tenendo conto del fatto che sarebbero sempre più numerosi coloro che raggiungeranno soglie d'età avanzate, diviene ormai improcrastinabile una totale revisione dell'attuale inquadramento della "vecchiaia" nella società.

In conclusione, è pur vero che l'evoluzione della sopravvivenza vede oggi anche una crescita costante della speranza di vita che definiamo "in buona salute" e rimanda ad anni più avanzati i problemi connessi alle insidie della vecchiaia e della disabilità, però per affrontarle emerge l'esigenza di risparmiare e di accumulare di più perché le pensioni saranno inevitabilmente più basse. Ciò suggerisce che sia data la possibilità di lavorare più a lungo, di andare in pensione più tardi – come del resto si è già detto – e quindi che si comincino ad affrontare per tempo gli squilibri già in atto tra l'offerta che viene da una struttura per età considerata oggi già "vecchia" e la domanda del mercato del lavoro che dà troppo poco spazio ai lavoratori più anziani..

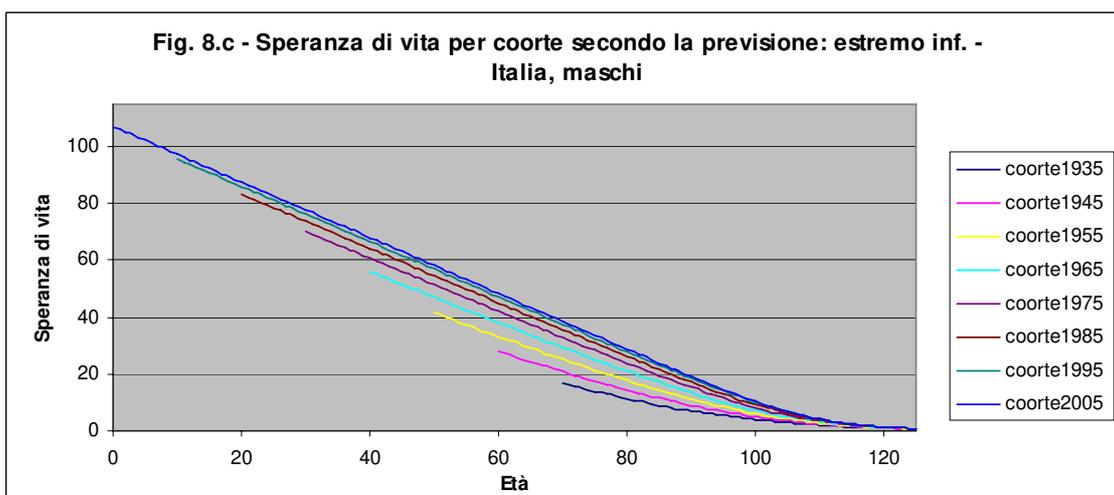
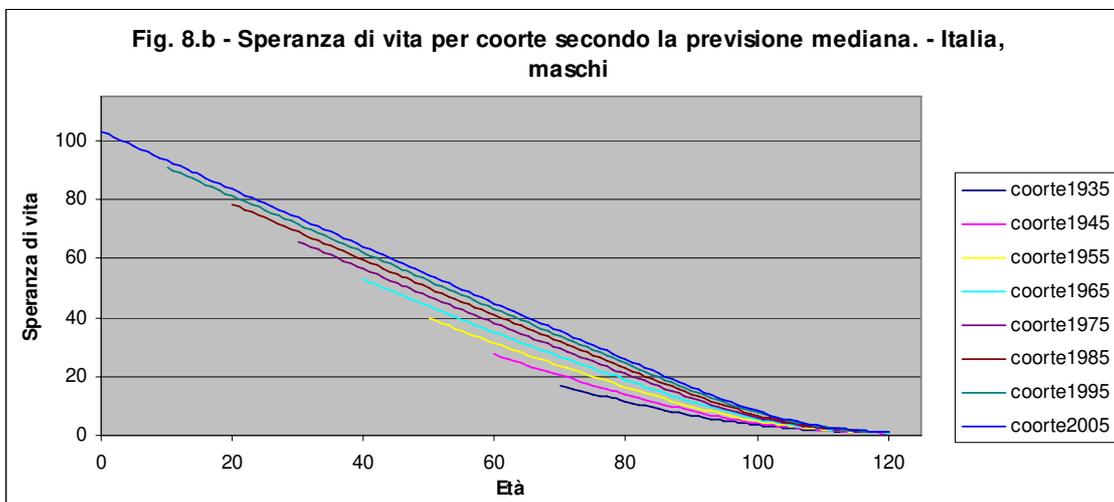
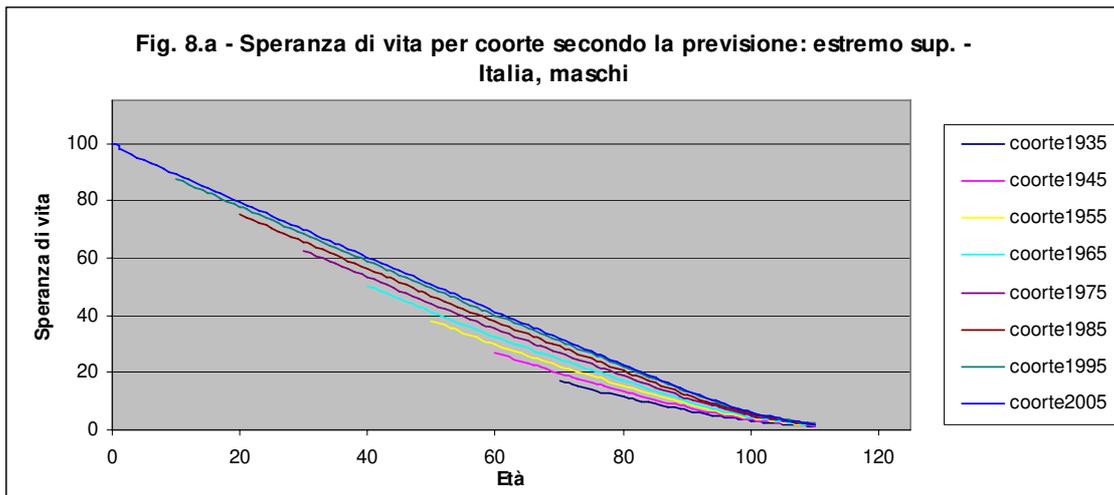


Fig. 8

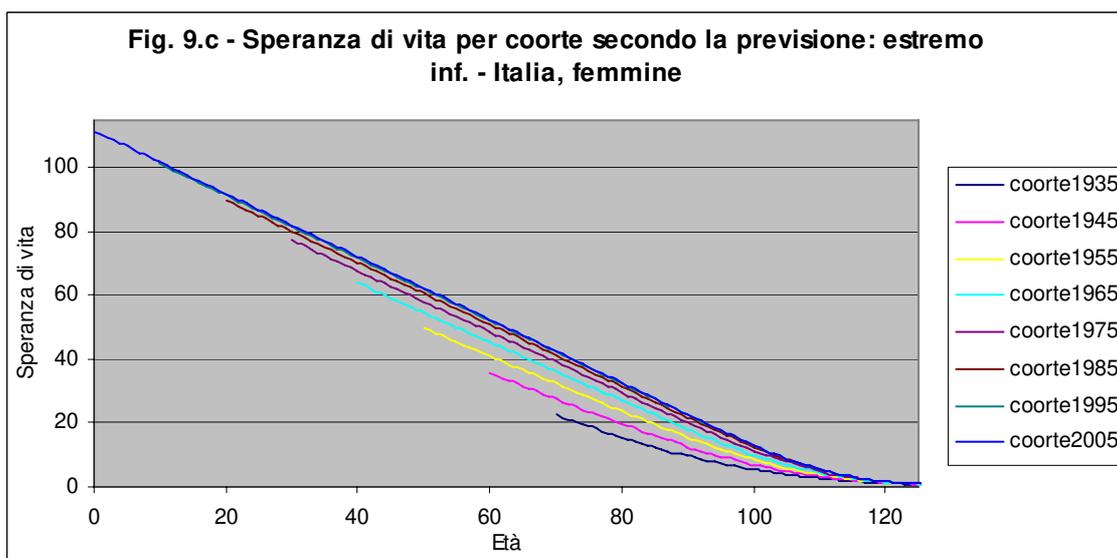
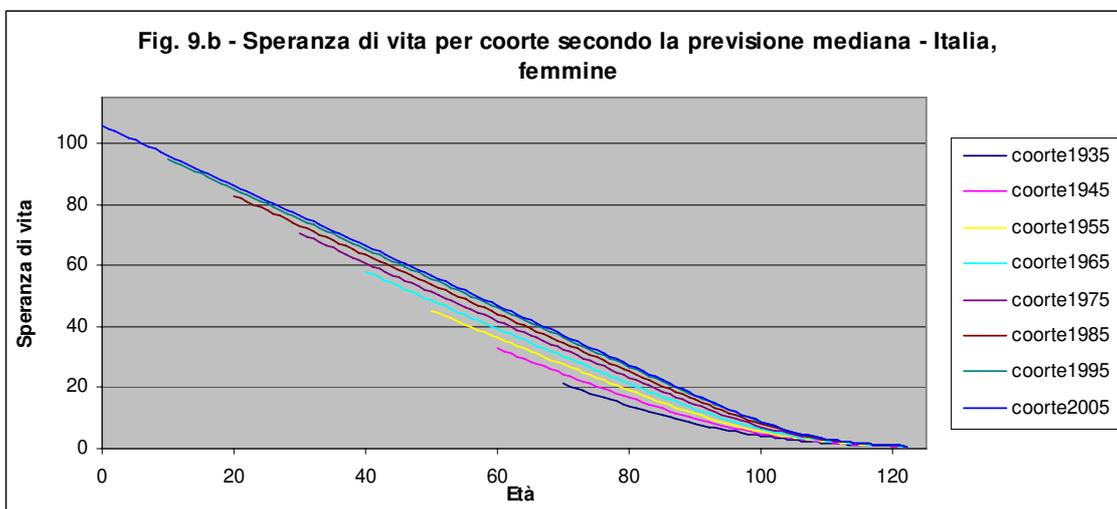
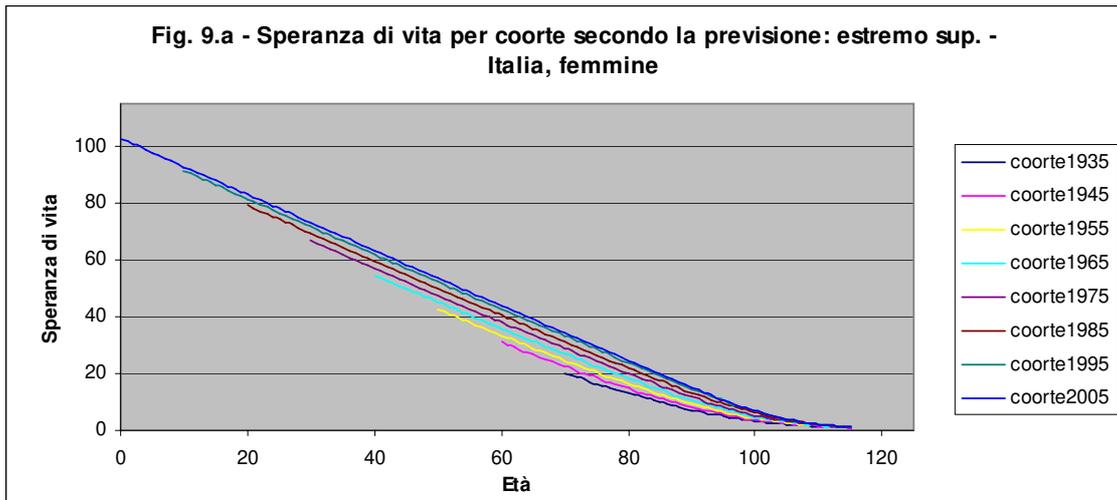


Fig. 9

## Bibliografia

- D.A. Ahlburg and J.W. Vaupel (1990), Alternative Projections of the U.S. Populations, *Demography*, 27(4), 639–652.
- T. Barugola, C. Maccheroni (2007), Recenti sviluppi nelle metodologie per la previsione della mortalità: il modello di Lee-Carter. Un'applicazione al caso italiano. (<http://www.econ.unito.it/notizie/info/n0672>).
- M. Belloni, C. Maccheroni (2006), Actuarial Neutrality when Longevity Increases: An Application to the Italian Pension System, WP CeRP N° 47/06.
- B. Benjamin (1982), The span of life, *Journal of the Institute of Actuaries*, vol. 109, 319-340.
- J. Bourgeois-Pichat (1952), Essai sur la mortalité biologique de l'homme, *Population*, 7(3), 381-394.
- J. Bourgeois-Pichat (1978), Future outlook for mortality decline in the world, *Population Bulletin of the United Nations*, n.11, 12-41.
- W. Brass (1971), On the scale of mortality, *Biological Aspects of Demography*, London, Taylor & Francis.
- B.A. Carnes and S.J. Olshansky (1993), Evolutionary Perspective on Human Senescence, *Population and Development Review*, 19, 793-806.
- B.A. Carnes and S.J. Olshansky (1997), A Biologically Motivated Partitioning of Mortality, *Experimental Gerontology*, 32(6), 615-631.
- A. Coale & E.E. Kisker (1990), Defects in data on old age mortality in the United States: New procedures for calculating approximately accurate mortality schedules and life tables at the highest ages, *Asian and Pacific Population Forum* 4, 1-31.
- M. Denuit, A-C Goderniaux, (2005), Closing and projecting life tables using log-linear models, *Bulletin de l'Association Suisse des Actuaries*, 1, 29-49.
- J. Duchêne and G. Wunsch (1991), Population Aging and the Limits to Human Life, in W. LUTZ (ed.), *Future Demographic Trend in Europe and North America*, Academic Press, London.
- C. Dugan, H. Gulumser, R. Humble and Daniel Ryan (2005), *Analysis of Trends in the Age-Specific Shape of Mortality Curves for Populations in the United States and Japan*, comunicazione al “Living to 100 and Beyond Symposium” sponsored by the Society of Actuaries, Orlando, Fla. January, 12-14.
- I.T. Elo and S.H. Preston, (1992), Effects of Early-Life Conditions on Adult Mortality: A Review, *Population Index*, 58(2), 186-212.
- ERA - Epidemiologia e Ricerca Applicata, Atlante 2007 - *Mortalità evitabile per genere e Usl* ([www.atlantesanitario.it](http://www.atlantesanitario.it)).
- European Commission (2005), *Changing Population of Europe: Uncertain Future*, Final report, EUR 21699.
- C. Ferrara (2007), *Il sistema pensionistico italiano: effetti delle riforme e andamenti di lungo periodo*, Atti del convegno: *La previdenza complementare e il TFR*, Confartigianato, Roma.
- J.F. Fries (1982), Aging, natural death, and the compression of morbidity, *New England Journal of Medicine*, 303, 130-5.
- J. F. Fries (1989), The compression of morbidity: near or Far?, *The Millbank Quarterly*, 67(2), 208–232.

- F. Girosi and G. King (2006), *Demographic Forecasting*, (<http://GKing.Harvard.edu>).
- M.D. Hayward and M.D. Gorman, (2004), The Long Arm of Childhood: The Influence of Early-Life Social Conditions on Men's Mortality, *Demography*, 41(1), 87-107.
- Istat (1998), *Tavole di mortalità della popolazione italiana per provincia e regione di residenza*, a cura di Marco Marsili.
- D.A. Juckett and B. Rosenberg, (1993), Comparison of the Gompertz and Weibull functions as descriptors for human mortality distributions and their intersections, in *Mechanisms of Ageing and Development*, 69, 1-31.
- D.R. Lee, L.R. Carter (1992), Modeling and Forecasting U.S. Mortality, *Journal of the American Statistical Association*, 87(41), 659-671.
- D.R. Lee (2000), The Lee-Carter Method for Forecasting Mortality, with Various extensions and Application, *North American Actuarial Journal*, 4(1).
- M. Lindbergson, (2001). Mortality among the elderly in Sweden 1988-1997 *Scandinavian Actuarial Journal*, 79-94.
- W. Lutz (ed.), *Future Demographic Trend in Europe and North America*, Academic Press, London.
- C. Maccheroni (1998), Frontiere della sopravvivenza più vicine? Alcuni risultati tratti dalla recente esperienza italiana, *Diritto ed Economia dell'Assicurazione*, 4, 783-805.
- C.G. Myers, K.G. Manton (1984), Compression of mortality, myth or reality?, *The gerontologist*, 24(4), 346-353.
- A. Nizard et J. Vallin (1970) , Les plus faibles mortalités , *Population*, vol. 25, n° 4, 847-874.
- OFS (2006), *Les scénarios de l'évolution de la population de la Suisse, 2005–2050*, Neuchâtel.
- A.R. Omran (1971), The epidemiologic transition. A theory of the epidemiology of the population change, *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, 49(4), 509–538.
- S.J. Olshansky, B.A. Carnes et C. Cassel, (1990), In search of Mathuselah: estimating the upper limits to human longevity, *Science*, vol. 250, 634-640.
- S.J. Olshansky *et al.* (2001), Prospects for human longevity. *Science*, 291, 1654-5.
- S.J. Olshansky *et al.* (2002a), Position Statement on Human Aging, *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 57, B292-B297.
- S.J. Olshansky *et al.* (2002b), *Scientific American*. June, p.92-5.
- J. Oeppen, J. W. Vaupel (2002), Broken Limits to Life Expectancy, *Science*. Vol. 296, 1029-1031.
- J.H. Pollard (1987), Projection of age-specific mortality rates, *Population Bulletin of the United Nations*, Nos21/22-87, 55-69.
- L.J. Reed, M. Merrel (1939), A Short Method for Constructing an Abridged Life Table, *The American Journal of Hygiene*, Vol. 30, N° 2.
- W. Sanderson, S. Scherbov (2004), *Putting Oeppen and Vaupel to Work: On the Road to New Stochastic Mortality Forecasts*, IR-04-049, IASA, Laxenburg.
- G. Strang (2003), *Introduction to Linear Algebra*, Wellesley-Cambridge Press, Third Edition.
- E. Tabeau, A. Van Den Berg Jeths and C. Heathcote (2001), *Forecasting Mortality in Developed Countries*, Dordrecht, Boston, London, EAPS-Kluwer Academic Publishers.
- M.S. Teitelbaum (2000), *Long-Range Demographic Projections And Their Implications For The United States*, UN/POP/PRA/2000/17.

- A.R.Thatcher, V. Kannisto, J.W. Vaupel, (1998), *The force of mortality at Ages 80 to 120*, Odense Monographs on Population Aging **5**: Odense University Press, Denmark.
- S. Tuljapurkar *et al.* (2000), A Universal Pattern of Mortality Change in the G7 Countries, *Nature*, 405, 789-792.
- J.W. Vaupel, (1997), Trajectory of mortality at advanced ages, in *Between Zeus and the Salmon: The Biodemography of Longevity*, National Academy of Sciences, 93(12), 6140-6145.
- R. Walford (1984), *Maximum life span*, N.Y., Avon.
- B.M. Weon (2004), *Analysis of trends in human longevity by new model*, dal sito arxiv.org., 2009.
- B.M. Weon – J. H. Je(2009), Theoretical estimation of maximum human lifespan, *Biogerontology*, 10, 65-71.
- J.R. Wilmoth and H. Lundström (1996), Extreme Longevity in Five Countries, *European Journal of Population*, vol. 12, n.1, 63-93.
- S.N. Wood (2006) *Generalized Additive Models: An Introduction with R*, CRC Press.
- A.I. Yashin *et al* (2001), The New Trends in Survival Improvements Require a Revision of Traditional Gerontological Concepts, *Experimental Gerontology*, Vol. 37, 157-167.

Our papers can be downloaded at:

<http://cerp.unito.it/index.php/en/publications>

### **CeRP Working Paper Series**

N° 1/00	Guido Menzio	Opting Out of Social Security over the Life Cycle
N° 2/00	Pier Marco Ferraresi Elsa Fornero	Social Security Transition in Italy: Costs, Distorsions and (some) Possible Correction
N° 3/00	Emanuele Baldacci Luca Inglesè	Le caratteristiche socio economiche dei pensionati in Italia. Analisi della distribuzione dei redditi da pensione (only available in the Italian version)
N° 4/01	Peter Diamond	Towards an Optimal Social Security Design
N° 5/01	Vincenzo Andrietti	Occupational Pensions and Interfirm Job Mobility in the European Union. Evidence from the ECHP Survey
N° 6/01	Flavia Coda Moscarola	The Effects of Immigration Inflows on the Sustainability of the Italian Welfare State
N° 7/01	Margherita Borella	The Error Structure of Earnings: an Analysis on Italian Longitudinal Data
N° 8/01	Margherita Borella	Social Security Systems and the Distribution of Income: an Application to the Italian Case
N° 9/01	Hans Blommestein	Ageing, Pension Reform, and Financial Market Implications in the OECD Area
N° 10/01	Vincenzo Andrietti and Vincent Hildebrand	Pension Portability and Labour Mobility in the United States. New Evidence from the SIPP Data
N° 11/01	Mara Faccio and Ameziane Lasfer	Institutional Shareholders and Corporate Governance: The Case of UK Pension Funds
N° 12/01	Roberta Romano	Less is More: Making Shareholder Activism a Valuable Mechanism of Corporate Governance
N° 13/01	Michela Scatigna	Institutional Investors, Corporate Governance and Pension Funds
N° 14/01	Thomas H. Noe	Investor Activism and Financial Market Structure
N° 15/01	Estelle James	How Can China Solve its Old Age Security Problem? The Interaction Between Pension, SOE and Financial Market Reform
N° 16/01	Estelle James and Xue Song	Annuities Markets Around the World: Money's Worth and Risk Intermediation
N° 17/02	Richard Disney and Sarah Smith	The Labour Supply Effect of the Abolition of the Earnings Rule for Older Workers in the United Kingdom
N° 18/02	Francesco Daveri	Labor Taxes and Unemployment: a Survey of the Aggregate Evidence
N° 19/02	Paolo Battocchio Francesco Menoncin	Optimal Portfolio Strategies with Stochastic Wage Income and Inflation: The Case of a Defined Contribution Pension Plan
N° 20/02	Mauro Mastrogiacomo	Dual Retirement in Italy and Expectations
N° 21/02	Olivia S. Mitchell David McCarthy	Annuities for an Ageing World

N° 22/02	Chris Soares Mark Warshawsky	Annuity Risk: Volatility and Inflation Exposure in Payments from Immediate Life Annuities
N° 23/02	Ermanno Pitacco	Longevity Risk in Living Benefits
N° 24/02	Laura Ballotta Steven Haberman	Valuation of Guaranteed Annuity Conversion Options
N° 25/02	Edmund Cannon Ian Tonks	The Behaviour of UK Annuity Prices from 1972 to the Present
N° 26/02	E. Philip Davis	Issues in the Regulation of Annuities Markets
N° 27/02	Reinhold Schnabel	Annuities in Germany before and after the Pension Reform of 2001
N° 28/02	Luca Spataro	New Tools in Micromodeling Retirement Decisions: Overview and Applications to the Italian Case
N° 29/02	Marco Taboga	The Realized Equity Premium has been Higher than Expected: Further Evidence
N° 30/03	Bas Arts Elena Vigna	A Switch Criterion for Defined Contribution Pension Schemes
N° 31/03	Giacomo Ponzetto	Risk Aversion and the Utility of Annuities
N° 32/04	Angelo Marano Paolo Sestito	Older Workers and Pensioners: the Challenge of Ageing on the Italian Public Pension System and Labour Market
N° 33/04	Elsa Fornero Carolina Fugazza Giacomo Ponzetto	A Comparative Analysis of the Costs of Italian Individual Pension Plans
N° 34/04	Chourouk Houssi	Le Vieillissement Démographique : Problématique des Régimes de Pension en Tunisie
N° 35/04	Monika Büttler Olivia Huguenin Federica Teppa	What Triggers Early Retirement. Results from Swiss Pension Funds
N° 36/04	Laurence J. Kotlikoff	Pensions Systems and the Intergenerational Distribution of Resources
N° 37/04	Jay Ginn	Actuarial Fairness or Social Justice? A Gender Perspective on Redistribution in Pension Systems
N° 38/05	Carolina Fugazza Federica Teppa	An Empirical Assessment of the Italian Severance Payment (TFR)
N° 39/05	Anna Rita Bacinello	Modelling the Surrender Conditions in Equity-Linked Life Insurance
N° 40/05	Carolina Fugazza Massimo Guidolin Giovanna Nicodano	Investing for the Long-Run in European Real Estate. Does Predictability Matter?
N° 41/05	Massimo Guidolin Giovanna Nicodano	Small Caps in International Equity Portfolios: The Effects of Variance Risk.
N° 42/05	Margherita Borella Flavia Coda Moscarola	Distributive Properties of Pensions Systems: a Simulation of the Italian Transition from Defined Benefit to Defined Contribution
N° 43/05	John Beshears James J. Choi David Laibson Brigitte C. Madrian	The Importance of Default Options for Retirement Saving Outcomes: Evidence from the United States

N° 44/05	Henrik Cronqvist	Advertising and Portfolio Choice
N° 45/05	Claudio Campanale	Increasing Returns to Savings and Wealth Inequality
N° 46/05	Annamaria Lusardi Olivia S. Mitchell	Financial Literacy and Planning: Implications for Retirement Wellbeing
N° 47/06	Michele Belloni Carlo Maccheroni	Actuarial Neutrality when Longevity Increases: An Application to the Italian Pension System
N° 48/06	Onorato Castellino Elsa Fornero	Public Policy and the Transition to Private Pension Provision in the United States and Europe
N° 49/06	Mariacristina Rossi	Examining the Interaction between Saving and Contributions to Personal Pension Plans. Evidence from the BHPS
N° 50/06	Andrea Buffa Chiara Monticone	Do European Pension Reforms Improve the Adequacy of Saving?
N° 51/06	Giovanni Mastrobuoni	The Social Security Earnings Test Removal. Money Saved or Money Spent by the Trust Fund?
N° 52/06	Luigi Guiso Tullio Jappelli	Information Acquisition and Portfolio Performance
N° 53/06	Giovanni Mastrobuoni	Labor Supply Effects of the Recent Social Security Benefit Cuts: Empirical Estimates Using Cohort Discontinuities
N° 54/06	Annamaria Lusardi Olivia S. Mitchell	Baby Boomer Retirement Security: The Roles of Planning, Financial Literacy, and Housing Wealth
N° 55/06	Antonio Abatemarco	On the Measurement of Intra-Generational Lifetime Redistribution in Pension Systems
N° 56/07	John A. Turner Satyendra Verma	Why Some Workers Don't Take 401(k) Plan Offers: Inertia versus Economics
N° 57/07	Giovanni Mastrobuoni Matthew Weinberg	Heterogeneity in Intra-Monthly Consumption. Patterns, Self-Control, and Savings at Retirement
N° 58/07	Elisa Luciano Jaap Spreeuw Elena Vigna	Modelling Stochastic Mortality for Dependent Lives
N° 59/07	Riccardo Calcagno Roman Kraeussl Chiara Monticone	An Analysis of the Effects of the Severance Pay Reform on Credit to Italian SMEs
N° 60/07	Riccardo Cesari Giuseppe Grande Fabio Panetta	La Previdenza Complementare in Italia: Caratteristiche, Sviluppo e Opportunità per i Lavoratori
N° 61/07	Irina Kovrova	Effects of the Introduction of a Funded Pillar on the Russian Household Savings: Evidence from the 2002 Pension Reform
N° 62/07	Margherita Borella Elsa Fornero Mariacristina Rossi	Does Consumption Respond to Predicted Increases in Cash-on-hand Availability? Evidence from the Italian "Severance Pay"
N° 63/07	Claudio Campanale	Life-Cycle Portfolio Choice: The Role of Heterogeneous Under-Diversification
N° 64/07	Carlo Casarosa Luca Spataro	Rate of Growth of Population, Saving and Wealth in the Basic Life-cycle Model when the Household is the Decision Unit
N° 65/07	Annamaria Lusardi	Household Saving Behavior: The Role of Literacy, Information and Financial Education Programs (Updated version June 08: "Financial Literacy: An Essential Tool for Informed Consumer Choice?")

N° 66/07	Maarten van Rooij Annamaria Lusardi Rob Alessie	Financial Literacy and Stock Market Participation
N° 67/07	Carolina Fugazza Maela Giofré Giovanna Nicodano	International Diversification and Labor Income Risk
N° 68/07	Massimo Guidolin Giovanna Nicodano	Small Caps in International Diversified Portfolios
N° 69/07	Carolina Fugazza Massimo Guidolin Giovanna Nicodano	Investing in Mixed Asset Portfolios: the Ex-Post Performance
N° 70/07	Radha Iyengar Giovanni Mastrobuoni	The Political Economy of the Disability Insurance. Theory and Evidence of Gubernatorial Learning from Social Security Administration Monitoring
N° 71/07	Flavia Coda Moscarola	Women participation and caring decisions: do different institutional frameworks matter? A comparison between Italy and The Netherlands
N° 72/08	Annamaria Lusardi Olivia Mitchell	Planning and Financial Literacy: How Do Women Fare?
N° 73/08	Michele Belloni Rob Alessie	The Importance of Financial Incentives on Retirement Choices: New Evidence for Italy
N° 74/08	Maela Giofré	Information Asymmetries and Foreign Equity Portfolios: Households versus Financial Investors
N° 75/08	Harold Alderman Johannes Hooegeven Mariacristina Rossi	Preschool Nutrition and Subsequent Schooling Attainment: Longitudinal Evidence from Tanzania
N° 76/08	Riccardo Calcagno Elsa Fornero Mariacristina Rossi	The Effect of House Prices on Household Saving: The Case of Italy
N° 77/08	Giovanni Guazzarotti Pietro Tommasino	The Annuity Market in an Evolving Pension System: Lessons from Italy
N° 78/08	Margherita Borella Giovanna Segre	Le pensioni dei lavoratori parasubordinati: prospettive dopo un decennio di gestione separata
N° 79/08	Annamaria Lusardi	Increasing the Effectiveness of Financial Education in the Workplace
N° 80/08	Claudio Campanale	Learning, Ambiguity and Life-Cycle Portfolio Allocation
N° 81/09	Fabio Bagliano Claudio Morana	Permanent and Transitory Dynamics in House Prices and Consumption: Cross-Country Evidence
N° 82/09	Carolina Fugazza Massimo Guidolin Giovanna Nicodano	Time and Risk Diversification in Real Estate Investments: Assessing the Ex Post Economic Value
N° 83/09	Annamaria Lusardi Peter Tufano	Debt Literacy, Financial Experiences, and Overindebtedness
N° 84/09	Luca Spataro	Il sistema previdenziale italiano dallo shock petrolifero del 1973 al Trattato di Maastricht del 1993
N° 85/09	Cathal O'Donoghue John Lennon Stephen Hynes	The Life-Cycle Income Analysis Model (LIAM): A Study of a Flexible Dynamic Microsimulation Modelling Computing Framework

N° 86/09	Margherita Borella Flavia Coda Moscarola	Microsimulation of Pension Reforms: Behavioural versus Nonbehavioural Approach
N° 87/09	Elsa Fornero Annamaria Lusardi Chiara Monticone	Adequacy of Saving for Old Age in Europe
N° 88/09	Maela Giofré	Convergence of EMU Equity Portfolios
N° 89/09	Elena Vigna	Mean-variance inefficiency of CRRA and CARA utility functions for portfolio selection in defined contribution pension schemes
N° 90/09	Annamaria Lusardi Olivia S. Mitchell	How Ordinary Consumers Make Complex Economic Decisions: Financial Literacy and Retirement Readiness
N° 91/09	Annamaria Lusardi Olivia S. Mitchell Vilsa Curto	Financial Literacy among the Young: Evidence and Implications for Consumer Policy
N° 92/10	Rob Alessie Michele Belloni	Retirement choices in Italy: what an option value model tells us
N° 93/10	Mathis Wagner	The Heterogeneous Labor Market Effects of Immigration
N° 94/10	John A. List Sally Sadoff Mathis Wagner	So you want to run an experiment, now what? Some Simple Rules of Thumb for Optimal Experimental Design
N° 95/10	Flavia Coda Moscarola Elsa Fornero Mariacristina Rossi	Parents/children “deals”: Inter-Vivos Transfers and Living Proximity
N° 96/10	Riccardo Calcagno Mariacristina Rossi	Portfolio Choice and Precautionary Savings
N° 97/10	Carlo Maccheroni Tiziana Barugola	E se l’aspettativa di vita continuasse la sua crescita? Alcune ipotesi per le generazioni italiane 1950-2005