

Report n. 139

**L'applicazione del modello multiregionale-multistato
alla popolazione in Italia mediante l'utilizzo del Lipro:
procedura di adattamento dei dati
e particolarità tecniche del programma**

Alessandro VALENTINI

Pisa, Aprile 1999

**L'applicazione del modello multiregionale-multistato alla popolazione
in Italia mediante l'utilizzo del Lipro:
procedura di adattamento dei dati e particolarità tecniche del programma***

Alessandro Valentini

Dipartimento di Statistica e Matematica Applicata all'Economia

Facoltà di Economia. Università di Pisa

Via Ridolfi 10 – 56125 Pisa

Tel 050/945317 – Fax 050/541437

e-mail: valentini@ec.unipi.it

Aprile 1999

Abstract

Il presente lavoro costituisce il punto di congiungimento tra il modello teorico multiregionale-multistato con algoritmi di consistenza e componente migratoria esterna (Valentini, 1999) e la sua concreta applicazione per l'effettuazione di previsioni circa l'evoluzione della popolazione Italiana con base 01/01/1997 mediante l'utilizzo del modello Lipro 3.0 (Van Imhoff, 1994) con algoritmi di consistenza (Van Imhoff and Keilman, 1992). Dopo la puntuale elencazione della procedura di adattamento dei dati, vengono richiamate le modalità tecniche di funzionamento del programma e viene dimostrato che non esiste alcuna differenza pratica tra l'ipotesi lineare e quella esponenziale nella stima dei tassi di transizione.

1. Introduzione metodologica

In un precedente scritto (il Report 132) abbiamo esaminato i fondamenti del modello multiregionale-multistato aperto ai flussi migratori esogeni, con riferimento ad un sistema a due sessi, con due status di cittadinanza (autoctoni ed immigrati), tre status di matrimonialità (single, coniugati con autoctoni, coniugati con immigrati) e tre regioni (Nord, Centro e Sud), e quindi complessivamente a 36 stadi. Dopo un'introduzione a carattere generale, ci siamo dilungati sugli aspetti logici della proiezione, con un particolare riferimento alle implicazioni dell'algoritmo di consistenza utilizzato per la risoluzione del noto problema dei due sessi.

Pur avendo sviscerato nel dettaglio le caratteristiche teoriche del modello di previsione demografica, il lavoro risulterebbe monco qualora non venisse indicata la metodologia necessaria per la sua applicazione nella realtà, ovvero se non si risolvessero i problemi connessi con il reperimento della base di dati con il livello di dettaglio richiesto, nonché quelli legati con la "traduzione" dello stesso in una forma compatibile con un programma di simulazione quale il Lipro 3.0.

Nel presente lavoro ci occuperemo in primo luogo di enucleare le procedure seguite per l'ottenimento, dalle statistiche ufficiali pubblicate, dei 36 vettori della popolazione residente al 01/01/1997, nonché degli eventi relativi al complesso dei passaggi di stato tra il 1992 e il 1996, necessari per la stima dei tassi di transizione. Queste questioni occuperanno il Paragrafo 2, mentre i due successivi saranno dedicati alla descrizione delle modalità operative con cui implementare l'algoritmo di proiezione del Report 132 al modello Lipro 3.0 nel contesto multiregionale (Paragrafo 3) ed in quello semplificato di tipo uniregionale (Paragrafo 4). Nei

* Il presente lavoro fa parte di un progetto di ricerca avente ad oggetto l'impatto delle immigrazioni internazionali in una popolazione a bassa fecondità (con particolare riferimento all'evoluzione della popolazione italiana) svolto dall'autore presso il Dipartimento di Statistica e Matematica Applicata della Facoltà di Economia di Pisa in collaborazione e sotto la supervisione del Dottor Piero Manfredi. Tale studio è finanziato da una borsa di studio di Ateneo.

Paragrafi 5 e 6 infine verranno esaminate alcune particolarità del Lipro relative al calcolo dei tassi di transizione e della relativa popolazione media per ciascun quinquennio della proiezione. In particolare dimostreremo per via simulativa che, almeno con riferimento ai dati aggregati italiani, non esiste alcuna differenza di tipo pratico tra il modello esponenziale, Gill and Keilman (1990) e quello lineare, Willekens and Drewe (1984). Questo risultato riveste una importanza notevole in quei casi in cui la procedura iterativa di stima dei tassi di transizione non converge, per esempio a causa dell'elevato numero di dimensioni, come accade nel nostro modello multiregionale-multistato a 36 diversi stadi.

Una volta reperiti i dati e definiti gli aspetti tecnici relativi alle previsioni mediante il Lipro 3.0 saremo finalmente in grado di produrre una serie di risultati relativi all'evoluzione della popolazione italiana con immigrazioni nel periodo 1992-2142. Un primo set di risultati, seppur basati su ipotesi molto semplificate, è fornito nel Paragrafo 5.5.3.

2. Ottenimento dei vettori della popolazione al 01/01/1997 e dei tassi di transizione a partire dalle statistiche ufficiali

L'utilizzo del programma Lipro 3.0, di Van Imhoff (1994), consente di stimare la popolazione all'anno base per la proiezione (t), le persone anno ed i tassi di transizione quinquennali da uno stadio all'altro mediante l'immissione dei vettori della popolazione al tempo $t-5$ e di tutti gli eventi intercorsi tra l'anno $t-5$ e l'anno t .

Dato che il modello è complessivamente a 36 stadi, risulta necessario disaggregare la popolazione residente in Italia alla data del primo gennaio 1992 ($t-5$) in 36 diversi vettori, nonché considerare tutti gli eventi che intercorrono da uno stadio all'altro nel periodo 1992-96 ($t-5$; t), ulteriormente ripartiti in classi per età di ampiezza quinquennale. L'impossibilità di reperire tali informazioni dalle statistiche ufficiali pubblicate rende necessario il ricorso ad una serie di assunzioni, che sono state puntualmente riassunte nel presente paragrafo. Tuttavia, prima di entrare nel merito delle assunzioni, risulta utile richiamare alcune considerazioni a carattere generale relative alla componente immigrata ed agli eventi composti.

2.1. Considerazioni a carattere generale

Quanto sotto vale per tutti i vettori della popolazione straniera (Paragrafo 2.1.1) nonché per tutti i tipi di eventi (Paragrafo 2.1.2), coinvolgenti quindi sia gli stranieri che gli autoctoni.

2.1.1. La componente immigrata

Volendo esaminare la componente stabile della popolazione immigrata, specie con riguardo ai coniugati, utilizzeremo in massima parte i dati anagrafici, ovvero quelli sulla popolazione straniera residente.

Per informazioni particolari ci avvarremo però anche dei dati sui permessi di soggiorno (Istat, 1998), che registrano in aggiunta anche la popolazione legalmente presente ma non residente.

L'utilizzo della fonte anagrafica rispetto a quella sui permessi di soggiorno, di cui si è tenuto conto in un precedente lavoro (Valentini, 1999), deriva solo in parte da una scelta volontaria (legata alla maggiore stabilità dei registrati in anagrafe, specie con riferimento ai coniugati, rispetto ai non registrati). Per il resto è condizionata dalla necessità di distinzione degli eventi per i residenti tra immigrati e cittadini.

2.1.2. Gli eventi composti relativi agli autoctoni ed agli immigrati

Alcuni degli eventi che si verificano tra il 1992 ed il 1996 sono composti, nel senso che derivano dalla combinazione di più eventi elementari. Per esempio composto è il passaggio da single nella regione i a coniugato nella regione j. Gli eventi elementari che ne fanno parte sono: matrimonio in i e successiva emigrazione da i in j, oppure emigrazione in j nello stato di single e matrimonio nella regione j. Nel seguito assumeremo che gli eventi elementari siano tra loro indipendenti. Tratteremo quindi i passaggi da uno stadio all'altro all'interno di una stessa regione separatamente rispetto ai passaggi di regione nell'ambito di uno stesso stadio. Molto spesso la determinazione degli eventi inerenti al periodo 1992-96 verrà stimata sulla base delle sole osservazioni degli anni 1994 e 1995 (includendo talvolta il 1993), assumendo che nel periodo osservato il fenomeno in oggetto segua la dinamica media che si riscontra in quello osservato.

2.2. Disaggregazione in 36 stadi della popolazione residente al censimento del 1991

La base per la proiezione è costituita dalla popolazione residente in Italia al 1° Gennaio 1997. Per determinare tale vettore è necessario disporre sia dello stock di residenti al 1° Gennaio 1992 che dei vari tipi di eventi verificatisi nel quinquennio 1992-96. Per quanto riguarda il vettore della popolazione di partenza, è possibile traslare leggermente l'asse temporale e riferirsi al 20/10/1991 (data del 13° Censimento Generale delle Popolazioni e Abitazioni) invece che all'inizio del 1992. Ciò in virtù del fatto che esiste una nutrita serie di statistiche censuarie e dell'ipotesi che non vi siano cambiamenti di rilievo nel periodo dal 21/10 al 31/12 del 1991.

2.2.1. I vettori degli immigrati

Il numero assoluto di immigrati residenti in Italia alla data del 20/10/1991, separatamente per sesso e per stato civile, è conosciuto in base ai dati censuari (Istat, 1996). Per quanto riguarda la suddivisione degli immigrati coniugati in coniugati con autoctoni o con immigrate si assume la proporzionalità rispetto al numero di immigrati coniugati per nazionalità del coniuge nel periodo 1992-95. L'attribuzione del numero complessivo di matrimoni per regione è ottenuta sulla base dei dati relativi ai permessi di soggiorno 1992-95, Istat (1998). La struttura per età dei single (ivi compreso separati, divorziati e vedovi) è la stessa per ogni regione, ed è ricavata dal dato censuario. Invece il numero di coniugati per regione nella classe x è stato calcolato semplicemente facendo la differenza tra il numero totale di soggetti in tale classe (rilevato in base ai dati sui permessi di soggiorno) ed il numero di single per la classe stessa. L'ulteriore suddivisione in coniugati con autoctoni e con immigrati è avvenuta in proporzione rispetto ai contingenti totali di ciascuno stato.

2.2.2. I vettori degli autoctoni

La popolazione residente in Italia (separatamente per ciascuna regione) è conosciuta in base ai dati del censimento 1991, Istat (1996). Applicando a tali dati le strutture per età dei residenti nel 1994, [Irp (1995)] (per avere dei dati più aggiornati) conosciamo il numero complessivo di residenti per ciascun sesso, regione e classe per età. Sottraendo a questo il dato aggregato relativo agli immigrati (ottenuto sommando per ciascuna classe x il dato dei 6 vettori per ogni regione, come calcolato al precedente paragrafo) conosciamo esattamente il numero di autoctoni (e relativa struttura) per ogni regione.

Con una procedura simile possiamo determinare anche il numero complessivo di single e di coniugati. Essendo inoltre noto (in base alle elaborazioni necessarie per ottenere il vettore degli immigrati) il numero di coniugati con immigrate (e sfruttando opportunamente le relazioni di consistenza), possiamo determinare per differenza (all'interno di ciascuna regione) il numero di coniugati con autoctone.

Dal dato censuario possiamo infine ricavare la struttura per età nazionale dei coniugati autoctoni. Assumendo che questa rimanga la stessa per ciascuno dei due status coniugali e per ciascuna regione, possiamo calcolare per differenza le strutture regionali dei single autoctoni, completando così la formulazione dei vettori di partenza.

2.3. Movimento con l'estero

Come a suo tempo esaminato, il modello multistato oggetto della nostra attenzione pone particolare enfasi sulla componente migratoria esterna, ovvero sull'immigrazione internazionale, oltre che su quella interna. Da notare in particolare che, mentre gli ingressi dall'estero costituiscono una componente esogena per la popolazione residente, le uscite sono determinate in funzione di quest'ultima. Bisogna infine tener conto delle naturalizzazioni degli immigrati che, dopo un certo numero di anni di permanenza nel nostro paese, richiedono la cittadinanza italiana.

2.3.1. Gli ingressi dall'estero

Abbiamo considerato i dati sul movimento migratorio della popolazione residente negli anni 1994 e 1995 (Istat, 1997 e 1998) per determinare il numero di cittadini stranieri iscritti per trasferimento di residenza dall'estero per classi quinquennali di età e regione di destinazione. La quota di immigrati coniugati di ciascun sesso è stata determinata in proporzione rispetto alla struttura per età e per stato civile stimata (secondo le procedure viste in precedenza) per lo stock di immigrati alla data del censimento del 1991. Gli ingressi di coniugati dei due sessi per ogni regione sono stati resi coerenti tramite l'applicazione dell'algoritmo di consistenza.

2.3.2. Emigrazioni all'estero

Il numero di trasferimenti all'estero è stato calcolato sulla base dei dati relativi al movimento migratorio della popolazione residente negli anni 1994 e 1995 (Istat, 1997 e 1998). Il numero di uscite all'estero per sesso, regione e classi per età quinquennali è stato ulteriormente ripartito per ciascuno status di cittadinanza e status coniugale assumendo la proporzionalità (di ciascuna classe per età) rispetto ai relativi stocks di popolazione alla data del censimento. I flussi coinvolgenti i coniugati sono stati riadattati in modo da soddisfare i vincoli di consistenza.

Da notare che, sotto le ipotesi specificate, i tassi di emigrazione all'estero degli immigrati non si differenziano da quelli degli autoctoni. Questa procedura, pur criticabile, è legittimata dal fatto che anche le più recenti pubblicazioni in tema di immigrazioni, Istat (1998), non contengono dati sufficienti per differenziare le due dinamiche.

2.3.3. Naturalizzazioni di immigrati

Dopo alcuni anni di permanenza in Italia (variabili da 4 a 10 a secondo del Paese di origine) gli immigrati possono richiedere un provvedimento di naturalizzazione, e diventare a tutti gli effetti cittadini Italiani. La naturalizzazione viene rilevata come evento in quanto implica il passaggio dallo status di immigrato a quello di autoctono. In base ai dati Istat (1998) conosciamo il numero di naturalizzazioni verificatesi in Italia negli anni 1994 e 1995, per ciascun sesso e classe per età quinquennale. La ripartizione per status coniugale e per regione avviene proporzionalmente rispetto ai relativi stocks di immigrati presenti in ciascuno stato alla data del censimento.

Notare che la naturalizzazione degli immigrati coniugati implica (nel nostro modello) un'ulteriore transizione: il passaggio di status del coniuge. Per esempio un autoctono coniugato con immigrata nel nord (S3,1) diventa autoctono coniugato con autoctona (S2,1) a seguito di naturalizzazione della moglie (che passa da S11,1 a S5,1).

I dati relativi a tali tipi di eventi non sono riportati in alcuna statistica ufficiale, ma vengono invece stimati sulla base dello stock di "soggetti a rischio" presenti al censimento del 1991 (ricordando la necessità di rispettare i vincoli di consistenza).

2.4. Migrazioni interne

Diversa dalla migrazione internazionale è quella interna, di più breve raggio, che implica lo spostamento della residenza da una regione all'altra del territorio nazionale. Questo tipo di fenomeno è previsto nel modello per ciascuno dei 6 status dei due sessi per ogni regione, il che implica la necessità di disporre di 72 diversi vettori di eventi, pari al numero complessivo di stadi ($36 = 12 * 3$) moltiplicato per il numero di possibili regioni di destinazione ($3 - 1$). In aggiunta, gli eventi relativi alle coniugate devono soddisfare i consueti vincoli di consistenza. In base ai dati sul movimento migratorio della popolazione residente (Istat 1997 e 1998) siamo in grado di conoscere il numero complessivo di iscritti e cancellati per trasferimento di residenza da una regione verso ciascun'altra per gli anni 1994 e 1995. Le uscite regionali (per ciascuna regione di ingresso) per sesso e per classi di età quinquennali sono poi state suddivise utilizzando le strutture dei tassi di emigrazione di Bonaguidi (1987). Infine la ripartizione per status di cittadinanza e stato civile è avvenuta in proporzione rispetto allo stock di popolazione residente (alla data del censimento) coinvolta in ciascun segmento di ogni regione. Gli eventi per le coppie di coniugati sono stati infine sottoposti ad algoritmi di consistenza.

2.5 Decessi

Abbiamo calcolato gli eventi decessi da ciascuno stadio e regione applicando ai vettori di popolazione al censimento del 1991 la probabilità di morte associata alle tavole di mortalità per regione e per sesso Istat (1997), considerando come regione "tipo" di ogni macro-area quella più popolosa, ovvero la Lombardia per il Nord, il Lazio per il Centro e la Campania per il Sud.

In tal caso assumiamo implicitamente che non esista mortalità differenziale tra autoctoni ed immigrati, Istat (1998), o tra single e coniugati.

2.6 La nuzialità

Il fenomeno della nuzialità viene esaminato dal punto di vista dei flussi che determinano la variazione degli stocks per ogni quinquennio. In particolare gli eventi oggetto di interesse in quest'ottica sono costituiti da una parte dai nuovi matrimoni (variazioni incrementative) e dall'altra dai divorzi e dalle vedovanze (variazioni riduttive, a causa del divorzio e della morte del coniuge).

Gli eventi (in ingresso ed in uscita) devono rispettare le relazioni di consistenza, in modo da realizzare l'equilibrio tra il numero di coniugati di sesso maschile e quello di sesso femminile, che costituisce la soluzione del ben noto problema dei due sessi.

2.6.1. I nuovi matrimoni

Conosciamo (Istat, 1998) il dato nazionale sul numero di matrimoni tra stranieri e tra soggetti di cui un coniuge sia straniero e l'altro italiano, per classi di età sia della moglie che del marito. Ne effettuiamo una ripartizione (mantenendo la stessa classe di età) per regione sulla base dei matrimoni per ciascuno stato di matrimonialità registrati in Italia negli anni 1986-89 e 1992-94.

Abbiamo determinato anche i matrimoni tra autoctoni, sottraendo ai matrimoni tra cittadini residenti in Italia (Istat 1997 e 1998) quelli di cui almeno un cittadino sia straniero. Ripartiamo quindi tali eventi per età in ogni regione utilizzando una unica struttura nazionale.

2.6.2. Lo scioglimento dei matrimoni: divorzi e vedovanze

Nel modello non è previsto uno specifico stadio per i divorziati (ivi compreso i separati legalmente) e per i vedovi. Come già ricordato, entrambe le categorie di soggetti (in quanto "a rischio di contrarre matrimonio") rientrano nel gruppo dei single. Questo ha come conseguenza che i divorzi vengano trattati contestualmente alle vedovanze, costituendo una categoria di eventi comune.

Al numero di separazioni e divorzi dei residenti (per sesso e classi di età quinquennali) per gli anni 1994 e 1995 (Istat 1995, 1997) è possibile aggiungere il numero di vedovanze, calcolato sulla base dei dati dei coniugati deceduti, per classe di età del coniuge superstite (vedi Istat 1997 e 1998 per gli anni 1994 e 1995). Tali dati sono ripartiti per regione in proporzione alla popolazione coniugata (in ciascuno degli status di matrimonialità). Ovviamente (a causa della consistenza) per ogni status e regione il numero di ingressi maschili nello status di single più il numero di decessi di maschi coniugati deve essere uguale al numero di ingressi femminili nello status di single più il numero di decessi di donne coniugate.

2.7. Nascite

Il modello in oggetto, pur caratterizzandosi rispetto agli altri per la presenza di algoritmi di consistenza tra i coniugati, prevede che la fecondità possa anche realizzarsi al di fuori del matrimonio (la c.d. fecondità illegittima). Inoltre (come noto) lo status di destinazione dei nati (maschi o femmine) dipende da quello della mamma (se si tratta di nascite illegittime) o dei due coniugi (per le nascite legittime).

Il numero di nascite legittime (negli anni 1994 e 1995) da donne immigrate per status di coniugalità e per classi di età quinquennali (Istat, 1998) è ripartito in modo proporzionale al numero di donne "a rischio" in ciascuna regione. Anche le nascite illegittime da immigrate (single) sono ripartite in proporzione tra le tre regioni, utilizzando la struttura standard nazionale, nota da Istat (1998).

Le nascite in Italia da autoctone (legittime e illegittime, sempre per gli anni 1994 e 1995) per ciascuna classe di età si calcolano come differenza tra le nascite totali, Istat (1997 e 1998) e quelle da immigrate (come determinate in precedenza). La ripartizione per regione avviene in proporzione rispetto allo stock di donne "a rischio" presenti al Censimento del 1991.

3. Dettagli di funzionamento del Lipro per il modello multiregionale (disaggregato)

Una volta definiti gli aspetti teorici del modello multistato (vedi Report 132), ed esaminate le fonti in base alle quali reperire i dati necessari per il suo funzionamento (Paragrafo 2), è necessario considerare gli ulteriori passi necessari per l'applicazione dello stesso mediante l'utilizzo di un programma di simulazione già predisposto. Si tratta in sintesi di apportare alcune piccole modifiche di tipo formale al modello teorico, in modo che lo stesso diventi "amichevole" per il Lipro. Questi accorgimenti hanno una grande utilità in quanto consentono di evitare la fase di predisposizione di un software di simulazione specifico, aspetto che potrebbe comunque diventare di fondamentale importanza in futuro.

L'ultima versione disponibile del programma Lipro (al momento la 3.0) si sostanzia nei nuclei principali qui di seguito descritti:

- a) Individuazione dello specifico progetto di proiezione
- b) Inserimento dei dati necessari per le simulazioni
- c) Esplicitazione dei vincoli di consistenza
- d) Calcolo dei tassi
- e) Definizione degli scenari

f) Proiezione

g) Presentazione dei risultati

Ciascuno dei punti verrà esaminato nel dettaglio, con riferimento al modello definito estensivamente nel Report 132. La specificazione di tutti i passi seguiti non deriva da un eccesso di pignoleria, ma dalla speranza che questo lavoro possa essere considerato anche come un esempio per altri tipi di applicazione. Per chi fosse interessato, sono anche disponibili i dischetti contenenti i dati cui si fa cenno nel seguito. Per tale ragione sono stati indicati anche i nomi dei files utilizzati.

E' opportuno ricordare in questa sede che fino ad oggi il modello Lipro è stato scarsamente utilizzato. Uno dei rari casi è rappresentato per esempio da Kotowska (1991) con riferimento alla popolazione polacca per sesso, stato civile (single, coniugata) e posto di residenza (rurale, urbano). Tuttavia tale modello risulta molto più semplificato del nostro in quanto omette la componente internazionale e presenta solo 8 (=2*2*2) dimensioni in luogo di 36.

3.1. Individuazione dello specifico progetto di proiezione

La flessibilità del Lipro 3.0 impone la preliminare definizione dei parametri "di stato" della proiezione, ovvero del numero di stadi, di sessi, di classi per età, ecc. Questo dovrà essere associato anche alla predisposizione di specifiche etichette rappresentanti ciascuno stadio ed evento.

Il programma richiede due tipi di files, che possono essere creati ricorrendo ad un qualsiasi editor, il file di definizione, con estensione *.DEF (per noi Regioni.def) ed il file parametri, con estensione *.PAR (per noi Italia1.par).

Il file Regioni.def contiene:

- il numero di stadi interni: 18
- il numero di destinazioni per le uscite: 2
- il numero di origini per gli input esogeni: 1
- il numero di sessi: 2
- l'ampiezza dei gruppi per età: 5
- il limite inferiore del gruppo per età con età maggiore: 85+

Il riferimento ad un sistema con due sessi, due tipi di status immigratorio, tre tipi di stato civile e tre regioni implica nella teoria il ricorso a 36 (=2*2*3*3) diversi stadi interni. Tuttavia il Lipro permette di suddividere la popolazione di ciascuno stadio nei due sessi. Ciò implica il dimezzamento nella realtà del numero di diversi strati (che diventano 18). Questa particolarità implica anche il cambiamento della simbologia rispetto a quella adottata a suo tempo, con i riferimenti $S_{i,j}$ ove i rappresentava lo stadio interno ($i=1,2,\dots,12$, indipendentemente dal sesso) e j la regione ($j=1,2,3$). In realtà un cambiamento della simbologia è anche necessario in virtù del fatto che nel Lipro 3.0 le etichette non possono contenere virgole (,).

Riportiamo allora per chiarezza, per ciascuno stadio, la vecchia simbologia associata alla nuova (che è comune per maschi e femmine, salvo poi la specificazione del sesso, come vedremo).

Nuova simbologia	Vecchia simbologia	
ASL1	S1,1	S4,1
ACA1	S2,1	S5,1
ACII	S3,1	S6,1
ISL1	S7,1	S10,1
ICA1	S8,1	S11,1

ICI1	S9,1	S12,1
ASL2	S1,2	S4,2
ACA2	S2,2	S5,2
ACI2	S3,2	S6,2
ISL2	S7,2	S10,2
ICA2	S8,2	S11,2
ICI2	S9,2	S12,2
ASL3	S1,3	S4,3
ACA3	S2,3	S5,3
ACI3	S3,3	S6,3
ISL3	S7,3	S10,3
ICA3	S8,3	S11,3
ICI3	S9,3	S12,3

Ove ASL sta per Autoctoni SingLe
 ACA sta per Autoctoni Coniugati con Autoctoni
 ACI sta per Autoctoni Coniugati con Immigrati
 ISL sta per Immigrati SingLe
 ICA sta per Immigrati Coniugati con Autoctoni
 ICI sta per Immigrati Coniugati con Immigrati

Le destinazioni per le uscite sono: decessi (DEAD) e emigrazioni all'estero (EMIG)
 L'origine per gli input esogeni deriva dagli ingressi dall'estero (IMMIG) che vale solo per gli immigrati

I due sessi sono specificati con M per maschi e F per femmine

I gruppi di età sono indicati con la consueta simbologia: 0 – 4, 5 – 9,, 85 +.

A questi si aggiungano le nascite (BIRTHS). Notare per inciso che questa componente appare sempre per prima nel vettore degli eventi, e che quindi deve essere sempre presa in considerazione per effettuare corrette conversioni. Le nascite non ci sono quando vengono immessi i vettori di popolazione.

Il file di parametri: Italia1.par contiene l'indicazione dei files che dovranno essere creati prima del lancio delle simulazioni:

Popolazione iniziale:	Popolazi.bin
Persone anno:	Pop_peye.bin
Tassi:	Pop_rat.bin
Eventi:	Pop_eve.bin
Tassi consistenti:	Pop_ratc.bin
Eventi consistenti:	Pop_evec.bin
File di specificazione delle consistenze:	Pop_cons.con

Mentre i files binari (con estensione *.BIN) vengono creati dal programma (mediante i due menù *Convert* e *Rates*), il file di specificazione delle consistenze (*.CON) deve essere immesso dall'operatore tramite un qualsiasi editor. Tutti questi aspetti verranno esaminati dettagliatamente sotto.

3.2. Inserimento dei dati necessari per la simulazione (menù *Convert*)

Per poter disporre dei vettori della popolazione iniziale e degli eventi, i dati disponibili dalle fonti ufficiali devono essere opportunamente "trattati", secondo quanto visto nel Capitolo 2. I risultati, ormai pronti e disponibili su foglio elettronico, devono essere convertiti in forma

binaria e quindi immessi nei files Popolazi.bin (per la popolazione) e Pop_eve.bin (per gli eventi).

Il Lipro ha al suo interno uno specifico programma (*Convert*) di conversione dati da formato ASCII a binario (e viceversa). I dati da convertire riguardano sia la popolazione che gli eventi, e devono essere copiati dal foglio elettronico ed inseriti in forma matriciale in uno specifico file con formato ASCII (ed estensione *.DTA). Ogni riga della matrice rappresenta una specifica classe per età, a partire dalla riga 1 che rappresenta o la popolazione in età da 0 a 4 anni (per i vettori della popolazione) oppure gli eventi relativi ai nati (per i vettori degli eventi). Il numero di righe per i files contenenti la popolazione è quindi pari al numero di classi per età (nel nostro caso 18), mentre il numero di righe per i files di eventi è pari al numero di classi per età più una (19), per tener conto nella prima degli eventi per i nati.

Ogni colonna contiene invece uno specifico vettore di popolazione o di un evento. Affinché il programma riconosca esattamente a cosa si riferisca il vettore, ad ogni file con estensione *.dta deve essere collegato un file di tipo *.cnv (anch'esso creato mediante l'utilizzo di un qualsiasi editor) contenente tante righe per quante sono le colonne del file *.dta, ciascuna delle quali descrive il tipo di informazione della colonna. Ogni riga termina con un punto e virgola (;), utilizza le etichette specificate nel file di definizione (*.def) – altrimenti si genera un errore - ed è così strutturata:

- P (sesso; stato) se il vettore colonna indica la popolazione di un certo "sesso" in uno specifico "stato"
- I (sesso, origine, destinazione) se il vettore colonna indica gli eventi relativi ai passaggi dello specifico "sesso" dallo stato di "origine" a quello di "destinazione".
- X (sesso, stato, DEAD) per i decessi di un certo "sesso" dallo status "stato"
- X (sesso, stato, EMIG) per le emigrazioni all'estero dello specifico "sesso", in un certo "stato" di origine
- N (sesso, REST, stato) sono gli ingressi dall'estero di un certo "sesso" verso un particolare "stato"
- B (sesso, status mamma, status figlio) sono infine le nascite di uno specifico "sesso" che fanno parte dello "status figlio" (o di destinazione) da donne che si trovano nello "status mamma" (o di origine).

Nel nostro caso per esempio l'etichetta "sesso" può assumere il valore "M" o "F", per lo stato ci sono 18 possibilità (vedi Paragrafo 3.1).

Se il numero di vettori (popolazione o eventi) risulta molto alto, è opportuno dividere in più parti il file dati (*.dta) e quindi utilizzare più files di conversione (*.cnv). In tal caso ricordare di selezionare l'opzione "retain the original values" per i dati già immessi, altrimenti essi verranno settati automaticamente a zero. Nella nostra applicazione non sono stati utilizzati files dati contenenti più di 36 colonne.

Vediamo ora nel dettaglio i files che abbiamo utilizzato per la nostra applicazione. Per quanto riguarda la popolazione (Popolazi.bin):

P_autoct.dta e P_autoct.cnv che contiene i vettori per gli autoctoni
P_imm.dta e P_imm.cnv che contiene i vettori per gli immigrati

Per gli eventi (Pop_eve.bin) invece:

V_veddiv.dta e V_veddiv.cnv per i divorzi e le vedovanze
V_mat.dta e V_mat.cnv per i matrimoni
V_dec.dta e V_dec.cnv per i decessi
V_natu.dta e V_natu.cnv per le naturalizzazioni
V_natuco.dta e V_natuco.cnv per le naturalizzazioni del coniuge
V_estero.dta e V_estero.cnv per le emigrazioni all'estero
V_int1.dta e V_int1.cnv per le migrazioni interne (parte 1)

V_int2.dta e V_int2.cnv per le migrazioni interne (parte 2)
 V_birnew.dta e V_birnew.cnv per le nascite
 V_imm.dta e V_imm.cnv per le immigrazioni dall'estero (ex I7, I9, I10, I12)

3.3. Esplicitazione dei vincoli di consistenza

Il file contenete gli eventi consistenti è Pop_cons.con. Dato che il modello presenta un elevato numero di stadi e di regioni, risulta utile specificare nel dettaglio il complesso delle consistenze, che richiamano la strutturazione logica definita nel paper preliminare. Come è possibile constatare sotto, ogni riga è strutturata in due parti, il membro di sinistra ed il membro di destra, separate dal segno di uguale(=). Per convenzione inseriremo nella parte di sinistra gli eventi per i maschi ed in quella di destra i relativi eventi per le femmine. Abbiamo inizialmente specificato (nel file Italia1.par) che le consistenze verranno trattate utilizzando la media armonica (in alternativa era possibile optare per la media aritmetica o per quella geometrica). E' anche possibile, per singoli eventi di un sesso, imporre la dominanza rispetto agli eventi consistenti dell'altro sesso, che diventeranno gli unici ad essere modificati. Nel presente lavoro non optiamo per questa ipotesi in quanto non possiamo dire se sia la componente maschile a condizionare quella femminile o viceversa¹.

Prima di esaminare nel dettaglio il problema della coerenza generale del modello ricordare che, nell'ambito di ogni regione, i quattro gruppi matrimoniali sono ACA; ACI; ICA; ICI, che nel Report 132 abbiamo definito rispettivamente come: S2-S5, S3-S11, S8-S6, S9-S12.

Per la particolare importanza rivestita, risulta utile riportate integralmente il file delle consistenze (popcons.con), con le nuove etichette:

A) {consistenze relative ai nuovi matrimoni}

I(M,ASL1,ACA1)=I(F,ASL1,ACA1);

I(M,ASL2,ACA2)=I(F,ASL2,ACA2);

I(M,ASL3,ACA3)=I(F,ASL3,ACA3);

I(M,ASL1,ACI1)=I(F,ISL1,ICA1);

I(M,ASL2,ACI2)=I(F,ISL2,ICA2);

I(M,ASL3,ACI3)=I(F,ISL3,ICA3);

I(M,ISL1,ICA1)=I(F,ASL1,ACI1);

I(M,ISL2,ICA2)=I(F,ASL2,ACI2);

I(M,ISL3,ICA3)=I(F,ASL3,ACI3);

I(M,ISL1,ICI1)=I(F,ISL1,ICI1);

I(M,ISL2,ICI2)=I(F,ISL2,ICI2);

I(M,ISL3,ICI3)=I(F,ISL3,ICI3);

B) {consistenze relative alle naturalizzazioni di coniugati}

I(M,ICA1,ACA1)=I(F,ACI1,ACA1);

I(M,ICA2,ACA2)=I(F,ACI2,ACA2);

I(M,ICA3,ACA3)=I(F,ACI3,ACA3);

I(M,ACI1,ACA1)=I(F,ICA1,ACA1);

I(M,ACI2,ACA2)=I(F,ICA2,ACA2);

I(M,ACI3,ACA3)=I(F,ICA3,ACA3);

I(M,ICI1,ACI1)=I(F,ICI1,ICA1);

I(M,ICI2,ACI2)=I(F,ICI2,ICA2);

I(M,ICI3,ACI3)=I(F,ICI3,ICA3);

I(M,ICI1,ICA1)=I(F,ICI1,ACI1);

I(M,ICI2,ICA2)=I(F,ICI2,ACI2);

I(M,ICI3,ICA3)=I(F,ICI3,ACI3);

¹ In questo caso l'evento del sesso che si deve adeguare all'evento corrispondente dell'altro sesso (che non verrà modificato) nel file di specificazione delle consistenze è preceduto dal termine *Passive*.

C) { Consistenze relative ai decessi di coniugati, vedovanze e divorzi }

$X(M,ACA1,DEAD)+I(M,ACA1,ASL1)=X(F,ACA1,DEAD)+I(F,ACA1,ASL1);$
 $X(M,ACA2,DEAD)+I(M,ACA2,ASL2)=X(F,ACA2,DEAD)+I(F,ACA2,ASL2);$
 $X(M,ACA3,DEAD)+I(M,ACA3,ASL3)=X(F,ACA3,DEAD)+I(F,ACA3,ASL3);$
 $X(M,ACI1,DEAD)+I(M,ACI1,ASL1)=X(F,ICA1,DEAD)+I(F,ICA1,ISL1);$
 $X(M,ACI2,DEAD)+I(M,ACI2,ASL2)=X(F,ICA2,DEAD)+I(F,ICA2,ISL2);$
 $X(M,ACI3,DEAD)+I(M,ACI3,ASL3)=X(F,ICA3,DEAD)+I(F,ICA3,ISL3);$
 $X(M,ICA1,DEAD)+I(M,ICA1,ISL1)=X(F,ACI1,DEAD)+I(F,ACI1,ASL1);$
 $X(M,ICA2,DEAD)+I(M,ICA2,ISL2)=X(F,ACI2,DEAD)+I(F,ACI2,ASL2);$
 $X(M,ICA3,DEAD)+I(M,ICA3,ISL3)=X(F,ACI3,DEAD)+I(F,ACI3,ASL3);$
 $X(M,ICI1,DEAD)+I(M,ICI1,ISL1)=X(F,ICI1,DEAD)+I(F,ICI1,ISL1);$
 $X(M,ICI2,DEAD)+I(M,ICI2,ISL2)=X(F,ICI2,DEAD)+I(F,ICI2,ISL2);$
 $X(M,ICI3,DEAD)+I(M,ICI3,ISL3)=X(F,ICI3,DEAD)+I(F,ICI3,ISL3);$

D) { Consistenze relative alle emigrazioni all'estero di coniugati }

$X(M,ACA1,EMIG)=X(F,ACA1,EMIG);$
 $X(M,ACA2,EMIG)=X(F,ACA2,EMIG);$
 $X(M,ACA3,EMIG)=X(F,ACA3,EMIG);$
 $X(M,ACI1,EMIG)=X(F,ICA1,EMIG);$
 $X(M,ACI2,EMIG)=X(F,ICA2,EMIG);$
 $X(M,ACI3,EMIG)=X(F,ICA3,EMIG);$
 $X(M,ICA1,EMIG)=X(F,ACI1,EMIG);$
 $X(M,ICA2,EMIG)=X(F,ACI2,EMIG);$
 $X(M,ICA3,EMIG)=X(F,ACI3,EMIG);$
 $X(M,ICI1,EMIG)=X(F,ICI1,EMIG);$
 $X(M,ICI2,EMIG)=X(F,ICI2,EMIG);$
 $X(M,ICI3,EMIG)=X(F,ICI3,EMIG);$

E) { migrazioni interne per i coniugati }

$I(M,ACA1,ACA2)=I(F,ACA1,ACA2);$
 $I(M,ACA1,ACA3)=I(F,ACA1,ACA3);$
 $I(M,ACA2,ACA1)=I(F,ACA2,ACA1);$
 $I(M,ACA2,ACA3)=I(F,ACA2,ACA3);$
 $I(M,ACA3,ACA1)=I(F,ACA3,ACA1);$
 $I(M,ACA3,ACA2)=I(F,ACA3,ACA2);$
 $I(M,ACI1,ACI2)=I(F,ICA1,ICA2);$
 $I(M,ACI1,ACI3)=I(F,ICA1,ICA3);$
 $I(M,ACI2,ACI1)=I(F,ICA2,ICA1);$
 $I(M,ACI2,ACI3)=I(F,ICA2,ICA3);$
 $I(M,ACI3,ACI1)=I(F,ICA3,ICA1);$
 $I(M,ACI3,ACI2)=I(F,ICA3,ICA2);$
 $I(M,ICA1,ICA2)=I(F,ACI1,ACI2);$
 $I(M,ICA1,ICA3)=I(F,ACI1,ACI3);$
 $I(M,ICA2,ICA1)=I(F,ACI2,ACI1);$
 $I(M,ICA2,ICA3)=I(F,ACI2,ACI3);$
 $I(M,ICA3,ICA1)=I(F,ACI3,ACI1);$
 $I(M,ICA3,ICA2)=I(F,ACI3,ACI2);$
 $I(M,ICI1,ICI2)=I(F,ICI1,ICI2);$
 $I(M,ICI1,ICI3)=I(F,ICI1,ICI3);$
 $I(M,ICI2,ICI1)=I(F,ICI2,ICI1);$
 $I(M,ICI2,ICI3)=I(F,ICI2,ICI3);$
 $I(M,ICI3,ICI1)=I(F,ICI3,ICI1);$

$I(M,ICI3,ICI2)=I(F,ICI3,ICI2);$
 F) {ingressi dall'estero di coniugati}
 $N(M,IMMIG,ICI1)=N(F,IMMIG,ICI1);$
 $N(M,IMMIG,ICI2)=N(F,IMMIG,ICI2);$
 $N(M,IMMIG,ICI3)=N(F,IMMIG,ICI3);$

L'ultimo vincolo, lettera F), è sovrabbondante in quanto gli input del modello sono tutti già sottoposti (per nostra scelta) al vincolo di consistenza. Ricordiamo in questa sede che, per quanto riguarda gli ingressi dall'estero di coniugati, l'eventuale arrivo di immigrati senza il coniuge è rilevato come ingresso di single.

3.4 Stima dei tassi di transizione (menù *Rates*)

Imnessa la popolazione nel 1991 (Popolazi.bin) e gli eventi nel periodo 1992-96 (Pop_eve.bin), è ora possibile calcolare il vettore della popolazione media e la matrice dei tassi di transizione, che verranno utilizzati come base per le proiezioni. Il Lipro 3.0 presenta la possibilità di optare per una di due distinte metodologie di calcolo dei tassi di transizione: il criterio lineare e quello esponenziale, che verranno analizzate diffusamente nel Paragrafo 5. A causa della non convergenza dei parametri nel modello esponenziale, nel presente lavoro abbiamo utilizzato il criterio lineare. Una specifica routine del programma (*Rates*) consente di stimare automaticamente le persone anno (secondo la procedura che abbiamo indicato nel Paragrafo 6) e quindi i tassi di transizione. Ambedue i risultati verranno registrati sui files binari (rispettivamente Pop_peye.bin e Pop_rat.bin) stabiliti nel file di parametri (Italia.bin).

3.5. Scenari

Le proiezioni demografiche si articolano generalmente su un periodo di tempo multiplo rispetto all'unità di base, nel nostro caso il quinquennio.

La popolazione alla fine del primo periodo è calcolata applicando alla popolazione all'inizio del periodo stesso i tassi di transizione calcolati seguendo il procedimento visto nel punto precedente. La popolazione alla fine del secondo (e di ogni successivo) periodo è invece calcolata applicando alla popolazione finale del periodo precedente la matrice dei tassi di transizione corrispondente a ipotesi ragionevoli circa l'evoluzione temporale dei tassi stessi (scenari).

Il Lipro 3.0 consente di stabilire nel file di definizione dei parametri (Italia.par) tre diversi tipi di scenari, denominati come: costante, variabile e consistente.

Lo scenario costante prevede semplicemente che i tassi di transizione da un periodo all'altro rimangano costanti nel tempo e pari a quelli determinati nel primo periodo.

Lo scenario variabile prevede invece che i tassi di transizione varino da un periodo all'altro. I nuovi tassi relativi al periodo i possono essere proporzionali rispetto a quelli del periodo 0, proporzionali rispetto a quelli di $t-1$ o semplicemente indipendenti dai tassi del periodo 0. Mentre nei primi due casi dovranno essere indicati i criteri di proporzionalità (mediante il ricorso alle opzioni del menù scenarioes), nell'ultimo sarà necessario introdurre la matrice dei tassi di transizione per ogni periodo.

Lo scenario consistente infine viene lanciato quando è richiesto il rispetto dell'algorithmo di consistenza secondo i criteri specificati nel relativo file (per noi Pop_cons.con) e contemporaneamente è richiesta (nel fine di definizione dei parametri) la consistenza dei tassi di transizione. In questo caso i tassi di transizione utilizzati per il periodo i sono i tassi del periodo $i-1$ corretti in modo tale da poter soddisfare i vincoli di consistenza specificati. E'

questo il tipo di scenario che selezioneremo nel momento in cui andremo a lanciare le procedure per l'ottenimento delle previsioni demografiche.

3.6. Proiezione

Una volta introdotti i dati di input e indicato il tipo di scenario (già insito nel file di definizione dei parametri per lo scenario costante e per quello consistente) è possibile procedere al lancio della proiezione per l'intervallo temporale richiesto (specificato nel file parametri).

Se il programma riconosce tutti i files dati e i vincoli di consistenza (eventuali) sono stati specificati in maniera corretta, il processo di stima della popolazione proseguirà senza errori. L'esito della proiezione ed i parametri più significativi della stessa vengono memorizzati in un file di output (con estensione *.OUT, per noi Ris1.out), che però non ha alcun rilievo dal punto di vista demografico.

Notare che la proiezione inciderà su alcuni files di input, modificandoli. Per esempio per lo scenario consistente verranno modificati i files relativi alla popolazione (Popolazi.bin), agli eventi (Pop_eve.bin) e alle persone anno (Pop_peye.bin). Verranno inoltre creati i files degli eventi e dei tassi consistenti, i cui nomi (rispettivamente: Pop_avec.bin e Pop_ratc.bin) sono stati a suo tempo indicati nel file parametri.

3.7. Lettura dei risultati

I principali risultati di nostro interesse riguardano la stima dei vettori della popolazione separatamente per ciascun sesso, stato civile, status immigratorio e regione). Tali dati sono contenuti nel file binario relativo alla popolazione stessa (Popolazi.bin) e quindi non sono di immediata lettura. Per tale ragione devono essere tradotti in formato ASCII da una routine particolare, e poi copiati in un programma amichevole (per esempio un qualsiasi foglio elettronico) per poter essere manipolati a piacimento.

Un modo molto rapido consiste nell'utilizzare l'opzione di creazione di tavole per la popolazione.

Tramite questa opzione basta specificare il file di input (con estensione *.PIN) contenente i dati per la definizione del tipo di tabella (dati che vengono richiesti direttamente dal Lipro) e quello di output (con estensione *.OUT, per esempio Ris2.out) in cui verranno convogliati i risultati (in formato ascii).

L'ottenimento della serie storica per le persone anno, nonché degli eventi relativi agli stati ed agli anni specificati segue una metodologia simile, in cui è richiesto un file di input (i cui dati vengono immessi mediante l'utilizzo di una interfaccia "amichevole") ed uno (temporaneo) di output in cui andare a depositare i risultati (per esempio ancora una volta può essere utilizzato Ris2.out).

Basta ora aprire (mediante un qualsiasi editor) il file Ris2.out, selezionare tutti i dati, copiarli ed incollarli sul foglio elettronico per poter poi manipolarli, mediante la creazione di alcune procedure specifiche, per esempio utilizzando il linguaggio Visual Basic For Applications.

Gli ulteriori strumenti di analisi dei risultati di cui dispone il Lipro 3.0 non sono, al momento, oggetto del nostro interesse.

4. Dettagli di funzionamento del Lipro in un modello uniregionale (aggregato)

Non sempre quando si effettuano le previsioni demografiche è necessario riferirsi ad un sistema multiregionale. Ciò non accade per esempio nelle piccole arie, né in un sistema nazionale quando non si abbia interesse ad esaminare le dinamiche locali.

Qualora si trascuri la componente territoriale, il modello generale descritto nel Report 132 si semplifica, riducendo gli stadi a 12 (dai 36 di partenza). La minore complessità dell'algoritmo di previsione ha come conseguenza la riduzione del numero di input necessari per far "girare" lo stesso nel periodo di base (1992 - 96). Infatti in tal caso i vettori della popolazione e degli eventi relativi ad ogni regione vengono aggregati, spariscono le migrazioni interne e si semplificano le relazioni di consistenza.

L'aggregazione degli eventi (e quindi dei tassi) dà però luogo a fenomeni di eterogeneità (i c.d. "bias aggregativi", che sono la causa delle differenze nelle stime rispetto alle proiezioni uniregionali, basate sugli stessi dati assoluti di partenza, come vedremo a suo tempo.

Entriamo ora nel merito delle variazioni che è necessario apportare nel modello Lipro per applicare il modello uniregionale rispetto a quello multiregionale. In primo luogo i due files basilari (quello di definizione e quello contenente i parametri) devono essere modificati in modo tale da tener conto delle peculiarità uniregionali. Chiameremo la nuova versione degli stessi come RegioniA.def e ItaliaA.par, ove A sta per proiezioni Aggregata.

RegioniA.def ricalca la versione disaggregata (Regioni.def), a meno del numero di stadi interni, che in questo caso è pari a 6. Anche le etichette dei vari stadi vengono mantenute, a meno dell'apice contenente il rimando alla regione. Esse assumono quindi i seguenti nominativi: ASL, ACA, ACI, ISL, ICA, ICI.

ItaliaA.par differisce dall'analoga versione disaggregata (Italia.par) per i nomi dei files che verranno richiamati al momento del lancio di ogni procedura. I nuovi files sono infatti:

Popolazione iniziale:	PopoA.bin
Persone anno:	PopA_peg.bin
Tassi:	PopA_ra.bin
Eventi:	PopA_ev.bin
Tassi consistenti:	PopA_rac.bin
Eventi consistenti:	PopA_evc.bin
File di specificazione delle consistenze:	PopA_con.con

Anche i vettori degli eventi necessari per la creazione dei files della popolazione iniziale e degli eventi devono essere opportunamente modificati rispetto alle rispettive formulazioni a tre regioni.

Per la popolazione (PopoA.bin) abbiamo utilizzato: Popo.cnv e Popo.dta

Per gli eventi (PopA_ev.bin) invece:

Va_imm.cnv	e	Va_imm.dta	per gli ingressi dall'estero
Va_bir.cnv	e	Va_bir.dta	per le nascite complessive
Va_vedi.cnv	e	Va_vedi.dta	per le vedovanze e i divorzi
Va_mat.cnv	e	Va_mat.dta	per i matrimoni
Va_dec.cnv	e	Va_dec.dta	per i decessi
Va_natuc.cnv	e	Va_natuc.dta	per le naturalizzazioni (in generale e per quelle del coniuge)
V_emig.cng	e	V_emig.dta	per le emigrazioni all'estero

Da non trascurare, infine, la semplificazione che si viene a creare nell'ambito della specificazione delle relazioni di consistenza, come abbiamo in precedenza accennato. Ciò per due ragioni: prima di tutto perché bisogna tener conto di una sola regione e non di tre, ed in secondo luogo per il fatto che la sezione relativa alle migrazioni interne di coniugati (E) è completamente omessa.

Il nuovo vettore delle consistenze (PopA.con), molto più snello rispetto a quello originale (Paragrafo 3.3), (PopA_cons.con) risulta così formulato:

A) {Nuovi matrimoni}

$$I(M,ASL,ACA)=I(F,ASL,ACA);$$

$$I(M,ASL,ACI)=I(F,ISL,ICA);$$

$$I(M,ISL,ICA)=I(F,ASL,ACI);$$

$$I(M,ISL,ICI)=I(F,ISL,ICI);$$

B) {Naturalizzazioni di coniugati}

$$I(M,ICA,ACA)=I(F,ACI,ACA);$$

$$I(M,ACI,ACA)=I(F,ICA,ACA);$$

$$I(M,ICI,ACI)=I(F,ICI,ICA);$$

$$I(M,ICI,ICA)=I(F,ICI,ACI);$$

C) {Decessi di coniugati, vedovanze e divorzi}

$$X(M,ACA,DEAD)+I(M,ACA,ASL)=X(F,ACA,DEAD)+I(F,ACA,ASL);$$

$$X(M,ACI,DEAD)+I(M,ACI,ASL)=X(F,ICA,DEAD)+I(F,ICA,ISL);$$

$$X(M,ICA,DEAD)+I(M,ICA,ISL)=X(F,ACI,DEAD)+I(F,ACI,ASL);$$

$$X(M,ICI,DEAD)+I(M,ICI,ISL)=X(F,ICI,DEAD)+I(F,ICI,ISL);$$

D) {Emigrazione all'estero di coniugati}

$$X(M,ACA,EMIG)=X(F,ACA,EMIG);$$

$$X(M,ACI,EMIG)=X(F,ICA,EMIG);$$

$$X(M,ICA,EMIG)=X(F,ACI,EMIG);$$

$$X(M,ICI,EMIG)=X(F,ICI,EMIG);$$

F) {Ingressi dall'estero di coniugati}

$$N(M,REST,ICI)=N(F,REST,ICI);$$

5. Un dettaglio in merito alle procedure disponibili per la stima dei tassi di transizione: confronto tra il modello lineare e quello esponenziale

I tassi di transizione da uno strato all'altro (menù rates, Paragrafo 3.4) si calcolano come il rapporto tra il numero di eventi intercorsi tra $t1$ e $t2$, ovvero nel periodo di base (per noi il 1992-96) e la popolazione media a rischio del periodo stesso. La stima dei tassi dipende dalle ipotesi in merito alla distribuzione degli eventi all'interno del periodo. Nel Lipro 3.0 sono possibili due diversi tipi di modelli: quello lineare e quello esponenziale, dei quali enucleiamo le principali proprietà sotto, non mancando di rilevare (via simulazione) che le differenze tra gli stessi sono essenzialmente di tipo teorico, essendo non significativi gli scostamenti che emergono dai risultati (Paragrafo 5.5).

Prima ancora di considerare l'aspetto metodologico si ricordi inoltre che i tassi di transizione stimati con riferimento al periodo di base vengono proiettati nei successivi intervalli di stima secondo il criterio specificato nel file parametri (*.par) tra i tre disponibili (vedi Paragrafo 3.5): costante, variabile (che può seguire o meno una specifica legge di evoluzione) e consistente. Nel nostro lavoro seguiremo l'ipotesi consistente, ovvero accetteremo che i tassi di transizione si modifichino nel tempo al fine di rispettare l'uguaglianza tra le coppie di coniugati, maschile e femminile.

5.1. Le due ipotesi in merito alla distribuzione degli eventi

Per capire le implicazioni legate alla stima dei tassi di transizione, si consideri che è conosciuta la popolazione al tempo $t1$, che sono noti gli eventi intercorsi nel periodo di base (ovvero tra $t1$ e $t2$), e che quindi è ricavabile anche la popolazione al tempo $t2$.

Si consideri in particolare $S(t1)$, ovvero la popolazione di un particolare stato in età $x - x+5$ al censimento del 1991 (per convenzione: al 01/01/1992). $S(t)$ riguarda la popolazione in età $x+5, x+9$ per quello stato alla data del 01/01/1997. Se $S(t)$ rappresenta il livello della popolazione in quella classe di età al tempo t interno tra $t1$ e $t2$, (ovvero il numero di soggetti a rischio di sperimentazione di un certo evento, per esempio di uscita,), il numero di eventi (in uscita) a quell'istante si determina nel seguente modo:

$$f(t) = -\frac{dS(t)}{dt} \quad [1]$$

Integrando l'equazione [1] nell'intervallo $[t1, t2]$, si ottiene la seguente relazione:

$$S(t2) = S(t1) - \int_{t1}^{t2} f(u)du \quad [2]$$

L'intensità, o tasso di accadimento (hazard) del fenomeno al tempo t , dato che lo stesso non si è verificato nei periodi precedenti, è pari a:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad [3]$$

Ma, data la popolazione a $t1$ e a $t2$, quale è la popolazione media di riferimento o, in altri termini, quale è il numero di persone anno relative a quell'intervallo?

Questo problema concreto si risolve solo dopo aver ipotizzato una particolare distribuzione degli eventi, o degli esposti (essendo i due elementi indissolubilmente legati dalla relazione [2]) all'interno dell'intervallo discreto. In alternativa è possibile sfruttare la relazione [3] e ipotizzare un possibile andamento del tasso istantaneo di accadimento.

Nella letteratura vengono formulate le seguenti ipotesi, tra loro alternative:

- a) uniforme distribuzione degli eventi tra $t1$ e $t2$, che conduce alla legge uniforme
- b) uniforme intensità di accadimento del fenomeno tra $t1$ e $t2$, che conduce alla legge esponenziale

Mediante il programma Lipro 3.0, come già accennato, è possibile scegliere indifferentemente la prima o la seconda opzione, specificandolo nel file di definizione dei parametri (*.par). Come vedremo estensivamente via simulazione nel Paragrafo 5.5, non esiste alcuna differenza pratica tra i due sistemi di calcolo dei tassi, quanto meno con riferimento ai dati della popolazione italiana disaggregata per sesso e per stato civile.

5.2. Distribuzione uniforme degli eventi

In tal caso per ogni istante ricompreso tra $t1$ e $t2$ viene sperimentato un numero costante di eventi, ovvero:

$$f(t) = f \quad t1 \leq t \leq t2 \quad [4]$$

Sostituendo la [4] nella [2] si ottiene che gli esposti si riducono linearmente:

$$S(t2) = S(t1) - \int_{t1}^{t2} fdu = S(t1) - (t2 - t1)f \quad [5]$$

Qualora $S(t)$ indichi la popolazione, il numero di individui a metà periodo è rappresentato semplicemente dalla media tra il contingente iniziale $S(t1)$ e quello finale $S(t2)$. E' questa l'ipotesi adottata da Willekens and Drewe (1984) per il calcolo dei tassi di transizione in un sistema di proiezioni multiregionali, algoritmo che è stato implementato per mezzo del programma MU.DE.A. (MUltistate DEMographic Analysis) messo a punto da Willekens.

Sotto queste ipotesi (posto $t1 < t < t2$) l'intensità istantanea, equazione [3], diventa sempre crescente (seguendo una legge di tipo iperbolico):

$$h(t) = \frac{f}{S(t1) - (t - t1)f} \quad [6]$$

5.3. Intensità di accadimento uniforme degli eventi

In questo caso all'interno dell'intervallo discreto $t1, t2$ il tasso di accadimento del fenomeno si mantiene costante, ovvero l'equazione [3] si trasforma nella seguente:

$$h(t) = r \quad t1 \leq t \leq t2 \quad [7]$$

Sostituendo la [7] nella [1] (tenendo conto della relazione [3]) si ottiene la seguente equazione differenziale:

$$rS(t) = -\frac{dS(t)}{dt} \quad [8]$$

da cui, dividendo entrambi i membri per $S(t)$,

$$r = -\frac{d \ln S(t)}{dt} \quad [9]$$

Integrando infine la [9] nella regione $[t1, t2]$ si ottiene:

$$S(t2) = S(t1) e^{-r(t2-t1)} \quad [10]$$

ovvero che nell'intervallo di riferimento il numero di esposti a rischio si riduce seguendo la legge esponenziale (negativa) con tasso r .

Di conseguenza anche il numero di eventi $f(t)$ decresce nel tempo secondo la legge esponenziale (con lo stesso tasso). Infatti sostituendo la [10] nella [1] si ottiene (posto $t1 < t < t2$) che:

$$f(t) = rS(t1) e^{-r(t-t1)} \quad [11]$$

Questa particolarità è stata messa a punto da Van Imhoff e Keilmann (1992) per il calcolo dei tassi di transizione demografica in un sistema multistato, ed è uno dei punti più qualificanti del programma di proiezione demografica LIPRO (Lifestyle PROjections), ideato dagli stessi autori.

5.4. Un cenno alla metodologia di calcolo degli eventi o dei tassi di accadimento

Si consideri infine la procedura di calcolo del numero complessivo di eventi, o dei tassi di accadimento degli stessi, dati $S(t1)$ e $S(t2)$.

Qualora si ipotizzi, come nel Paragrafo 5.2, che il numero di eventi si mantiene costante nell'intervallo, il valore f dell'equazione [4] è calcolato, tenendo conto della [5], come segue:

$$f = \frac{S(t1) - S(t2)}{t2 - t1} \quad [12]$$

Qualora si ipotizzi invece, come nel Paragrafo 5.3, che il tasso di accadimento del fenomeno (il valore r dell'equazione [7]) si mantenga costante, esso può essere calcolato, facendo ricorso all'equazione [10], come:

$$r = \frac{\ln S(t1) - \ln S(t2)}{t2 - t1} \quad [13]$$

In presenza di una molteplicità di stati, le relazioni [12] e [13] diventano più complesse, in quanto bisogna tener conto del fatto che sia le origini che le destinazioni sono molteplici. Da ciò consegue anche che ogni stato è interessato anche agli eventi in ingresso, oltre che a quelli in uscita.

Per queste ragioni il calcolo dei tassi (nel modello esponenziale) è realizzato mediante una procedura di tipo iterativo. Risulta allora necessario specificare (nel file *.par) il criterio di convergenza (ad es. $\exp(-10)$) nonché il numero massimo di iterazioni per ogni passaggio (ad es. 20). Se dopo il numero di iterazioni specificate (nel nostro caso 20) le stime non

convergono ancora, il Lipro 3.0 mette al corrente di questo fatto, accettando comunque il valore di r fino a quel punto stimato.

La molteplicità degli strati utilizzati nel nostro sistema di previsione (12 in quello aggregato e 36 nel multiregionale) rende estremamente difficoltoso l'utilizzo del modello esponenziale per la stima dei tassi di transizione da uno stato all'altro proprio a causa della mancata convergenza dei parametri.

Per questa ragione risulta necessario abbandonare il modello esponenziale e passare al meno suggestivo, ma sempre utile, modello lineare, con le conseguenze sulla stima delle persone anno che vedremo nel Paragrafo 6.

Si consideri in questa sede che ciò non implica l'abbandono del programma Lipro, perché gli eventi previsti dal modello (e quindi, ancor prima di questi, i tassi di transizione) devono rispettare i vincoli di consistenza (non previsti in altri programmi di proiezione demografica).

5.5 Le prime stime per la popolazione italiana nel periodo 1997-2142: differenze tra il modello lineare e quello esponenziale

Come abbiamo visto nei Paragrafi 5.1, 5.2 e 5.3 esistono differenze di tipo teorico tra il modello lineare e quello esponenziale. Tuttavia nella presente sezione dimostreremo, tramite ricorso a vari tipi di simulazioni, che tali differenze vengono meno nella realtà, ovvero quando si applichino i due sistemi di proiezione ad un set di dati reali. Per raggiungere lo scopo effettuiamo una preliminare proiezione demografica, che potremmo anche definire proiezione pilota, sui dati raccolti secondo la metodologia descritta nel Paragrafo 2.

5.5.1. Il numero di dimensioni della proiezione pilota

La proiezione pilota si basa su un sistema di tipo multistato semplificato rispetto a quello generale introdotto nel Report 132. Infatti nel nuovo modello la popolazione residente in Italia è disaggregata per sesso e per status coniugale (single, coniugato), ma non per status immigratorio² e per regione. Essa risulta quindi formata di soli 4 stadi, in luogo dei 12 del sistema aggregato e dei 36 di quello disaggregato.

Da notare che la dimensione del modello in parola è anche quella minima affinché possano essere utilizzati algoritmi di consistenza sui coniugati. Infatti la risoluzione del c.d. problema dei due sessi è (teoricamente) possibile solo quando sia possibile disaggregare la popolazione di ciascun sesso in due gruppi: sigle e coniugata.

5.5.2. I files necessari per far "girare" la proiezione pilota

Per lanciare le previsioni demografiche relative all'evoluzione della popolazione in Italia nel periodo 1997-2142 secondo il numero di dimensioni specificate nel Paragrafo 5.5.1 è necessario ridisegnare il modello di partenza, ovvero utilizzare un nuovo file di definizione e un nuovo file di parametri, rispettivamente (Ita_tot.def e Reg_tot.par). I files richiesti dal file di parametri sono:

Popolazione iniziale:	Conf_pop.bin
Persone anno:	Conf_pty.bin
Tassi:	Conf_rat.bin
Eventi:	Conf_eve.bin
Tassi consistenti:	Conf_rc.bin
Eventi consistenti:	Conf_evc.bin

Le nuove etichette sono SLE per i SingLe e CON per i CONiugati.

² La mancata diagggregazione per status immigratorio (single, coniugato) impedisce anche la divisione dello stato coniugale in: coniugato con immigrato e coniugato con autoctono.

Conf_pop.bin è creato dal menù *Convert* tramite i files: C_poptot.dta e C_poptot.cnv. Conf_eve.bin è ugualmente creato tramite il menù *Convert*, utilizzando però i files C_evtot.dta e C_evtot.cnv.

Il vettore delle consistenze (Conf_tot.con) è molto più semplificato rispetto a quello del Paragrafo 4 per due ragioni: in primo luogo perché presenta un solo status coniugale in luogo di 4, in secondo luogo per il fatto che non deve tener conto della naturalizzazione dei coniugati (in quanto gli immigrati non sono distinti dagli autoctoni). Il file assume pertanto la seguente configurazione:

```
A){Nuovi matrimoni}
I(M,SLE,CON)=I(F,SLE,CON);
C){Decessi di coniugati, vedovanze e divorzi}
X(M,CON,DEAD)+I(M,CON,SLE)=X(F,CON,DEAD)+I(F,CON,SLE);
D){Emigrazione all'estero di coniugati}
X(M,CON,EMIG)=X(F,CON,EMIG);
{Ingressi dall'estero di coniugati}
F) N(M,REST,CON)=N(F,REST,CON);
```

5.5.3. I risultati delle simulazioni

Non resta che lanciare il comando di inizio della proiezione (menù *Projection*), dopo aver specificato nel file di definizione dei parametri (Reg_tot.par) l'intervallo temporale richiesto³ (1992-2142) e il tipo di modello per la stima dei tassi di transizione (i tassi vengono stimati tramite il menù *Rates*). Optiamo inizialmente per il modello lineare.

La dinamica della popolazione complessiva e della relativa età media nel periodo specificato è indicata nei Grafici 1 e 2. Pur non entrando nel merito dei risultati, che saranno oggetto specifico di un lavoro successivo, ci si permetta in questa sede un breve commento in proposito. Qualora gli eventi (natalità, mortalità, nuzialità e migrazione) rilevati nel periodo di base si mantenessero costanti per gli anni a venire (salvo modifiche necessarie per rispettare gli algoritmi di consistenza) la nostra popolazione sarebbe sottoposta ad un rapido declino demografico (Grafico 1) e ad un consistente invecchiamento (Grafico 2), comunque meno marcato nel lungo termine che intorno al 2050. Il declino e l'invecchiamento si interromperebbero soltanto nel lungo periodo.

Confrontiamo ora i risultati del modello lineare con quelli che ci sarebbero derivati qualora avessimo utilizzato, in luogo di questo, il modello esponenziale. Per tale ragione cambiamo l'opzione relativa al tipo di modello da lineare a esponenziale (file Reg_tot.par) e lanciamo nuovamente la proiezione (*Projection*), solo dopo aver reinserito gli originali files della popolazione e degli eventi (Paragrafo 5.5.2), ed aver calcolato i nuovi tassi (menù *Rates*).

Le distanze tra il modello lineare e quello esponenziale sulla popolazione complessiva e sulla composizione per stato civile e per sesso sono state evidenziate nei Grafici 3 e 4.

Dal Grafico 3 si nota in particolare che esiste una veramente limitata differenza nel livello assunto dalla popolazione nei due casi. Ciò sottintende una sopravvalutazione dei single ed una contestuale e numericamente più rilevante sottovalutazione dei coniugati nel modello lineare, che porta ad una sottostima della popolazione non superiore alle 10.000 unità. Nel Grafico 4 la differenza nei risultati dei due modelli è disaggregata per sesso, e da questa si evince che nell'ipotesi lineare la componente femminile è sopravvalutata più di quanto sia sottovalutata quella maschile.

Risulta inoltre estremamente importante notare che in nessuno dei quattro stadi (maschi single, maschi coniugati, femmine single, femmine coniugate) la distanza tra i due modelli

³ L'anno iniziale richiesto è il 1992, ovvero quello per il quale vengono immessi i diversi vettori della popolazione.

supera (in uno specifico istante) più dell'1% del valore del modello lineare. Andando poi a ricalcolare l'età media della popolazione, non emerge veramente alcuna differenza rispetto al Grafico 2, che va allora bene sia per l'ipotesi lineare che per quella esponenziale.

In altri termini (e ricapitolando i risultati della presente sezione) possiamo dire che il modello esponenziale può essere sostituito da quello lineare senza alcuna perdita di informazioni, almeno per i dati che abbiamo esaminato. Un risultato simile è stato trovato anche da Kotowska (1991), che ha utilizzato il Lipro per effettuare previsioni demografiche (disaggregate per sesso, stato coniugale e area: urbana o rurale) in merito alla popolazione residente in Polonia.

Come accennato sopra, questo risultato è importante da ricordare quando si sia costretti ad utilizzare il modello lineare a causa dell'impossibilità di stima dei parametri di quello esponenziale, ascrivibile alla mancata convergenza degli stessi. E' questo il caso del modello multiregionale-multistato del Report 132.

6. Un dettaglio sul calcolo della popolazione e degli eventi nel programma Lipro 3.0

In qualsiasi modello di previsione demografica la popolazione strutturata per età viene rilevata ad intervalli temporali discreti, siano essi annuali, quinquennali o decennali. Il numero di eventi attesi per tale popolazione in un intervallo discreto (nascite, decessi, emigrazioni) si calcola applicando gli opportuni tassi alla popolazione media del periodo stesso (le c.d. persone anno).

La metodologia di calcolo della popolazione media dipende dalle ipotesi in merito alla distribuzione degli eventi all'interno dell'intervallo. Come visto nel Paragrafo precedente, il Lipro consente di utilizzare due tipi di ipotesi alternative (quella lineare e quella esponenziale), ma nel nostro modello siamo costretti ad abbandonare la procedura esponenziale. Ci concentreremo quindi nelle implicazioni del modello lineare, ovvero di uniforme distribuzione degli eventi (di qualsiasi tipo e sia in entrata che in uscita).

Consideriamo per esempio intervalli per età quinquennali, con limite inferiore della classe aperta di 85 anni. La popolazione in età $x+5$ (al tempo $t+5$) è calcolata a partire da quella in età x (al tempo t) come segue (tralasciando il riferimento temporale per semplicità espositiva):

$$P_{x+5} = P_x - (U_x - E_x) \quad [14]$$

ove U rappresentano le uscite (per decesso e per emigrazione), mentre E costituiscono le entrate (per immigrazione).

Fanno eccezione rispetto all'equazione [14] la prima e l'ultima classe, pari rispettivamente a:

$$P_5 = B - (U_0 - E_0) \quad [15]$$

ove B sta per nascite, e a:

$$P_{85+t+5} = P_{80,t} - (U_{80} - E_{80}) + P_{85+t+5} - (U_{85} - E_{85}) \quad [16]$$

dove i sopravvissuti di coloro che si trovano nel contingente con oltre 85 anni al tempo t sono compresi nella stessa classe (oltre 85 anni) anche al tempo $t+5$.

Ricordando le implicazioni del modello di distribuzione uniforme degli eventi all'interno dell'intervallo di riferimento (sia in ingresso che in uscita), il numero di esposti al rischio di ciascuna classe è pari a:

$$L_x = 5P_x - \frac{5}{2}(U_x - E_x) \quad [17]$$

Fa ancora una volta eccezione la prima classe

$$L_0 = \frac{5}{2}(B - U_0 + E_0) \quad [18]$$

mentre per quella aperta non si riscontra alcuna differenza rispetto all'equazione [17]:

$$L_{85+} = 5P_{85+} - \frac{5}{2}(U_{85+} - E_{85+}) \quad [19]$$

Infatti la distribuzione uniforme degli eventi all'interno dell'intervallo (quinquennale) vale anche per la classe più anziana, oltre che per quella più giovane.

Il numero atteso di figli per le donne in età x viene infine calcolato applicando alle esposte (persone anno Lx) i tassi di fecondità specifici per età attesi. Tali tassi (come i tassi relativi alle emigrazioni) sono calcolati come segue:

$$m(x) = 5 \frac{BI_x}{LI_x} \quad [20]$$

ove BI e LI rappresentano rispettivamente il numero di nascite e le persone anno (femminili) rilevate nel primo periodo per la proiezione (nel nostro caso il periodo 1992 - 1996).

7. Conclusioni

Nel presente lavoro abbiamo cercato di risolvere i problemi che si riscontrano qualora si voglia adattare ai dati reali un modello di simulazione teorico multistato, con componente immigratoria esterna e vincoli di consistenza.

Abbiamo infatti in primo luogo indicato una possibile metodologia di conversione dei dati anagrafici disponibili sulla base delle statistiche ufficiali in una forma utile per il modello specificato nel Report 132. Ci siamo quindi posti il problema di "tradurre" il modello stesso in una forma comprensibile dall'elaboratore elettronico, senza per questo dover sopportare l'onere connesso alla creazione ex novo di un programma di simulazione. Abbiamo quindi deciso di utilizzare la versione più recente del Lipro (la 3.0).

E' sorto però il problema che lo schema di previsione da noi predisposto, e lungamente commentato nel Report 132, non è immediatamente interpretabile dal programma. Per questa ragione abbiamo evidenziato nel dettaglio le modifiche formali necessarie per la conversione. L'indicazione dei passi seguiti con un grande livello di dettaglio dipende dal fatto che il presente testo vuole costituire anche una specie di guida per coloro che fossero interessati all'adozione del Lipro.

Ci siamo poi dilungati sull'esame dei due punti qualificanti del programma, che lo renderebbero più auspicabile rispetto ad altri sistemi multistato, ovvero gli algoritmi di consistenza tra le componenti coniugate dei due sessi e i due possibili metodi di stima dei tassi di transizione da uno stato all'altro (ovvero il modello lineare e quello esponenziale).

Per quanto riguarda le consistenze, abbiamo fornito 3 diversi esempi, dal più complesso al più semplice, cioè quello del modello multiregionale (a 36 stadi), quello del modello uniregionale (a 12 stadi) e quelli del modello più aggregato possibile (a 4 stadi).

In relazione alla stima dei tassi di transizione, abbiamo poi messo a conoscenza il lettore delle differenze teoriche esistenti tra il procedimento lineare e quello esponenziale, dimostrando via simulazione che tali differenze non hanno alcun rilievo sul piano pratico.

Il risultato delle simulazioni, relativo all'evoluzione della popolazione in Italia nel periodo 1997-2142, costituisce anche il nostro primo esempio di proiezione ottenuta per mezzo del modello Lipro. In un successivo lavoro tali proiezioni saranno ulteriormente affinate ed

opportunamente commentate, specie nell'ottica delle implicazioni che derivano dall'algoritmo di consistenza.

8. Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Dottor Valerio Terra Abrami, Istat, per le informazioni che mi ha fornito in merito all'organizzazione del sistema statistico nazionale.

Bibliografia

- Bonaguidi A. (1997), *Aspetti meno noti delle immigrazioni in Italia*, W.P. 7, Università di Pisa
- Gill R. and Keilman N.W. (1990), *On the estimation of multidimensional demographic models with population registration data*, *Mathematical Population Studies*, 2 (2), pag. 119-143.
- Kotowska I. E., *Application of the lipro model for projection of Poland's population by marital status and place of residence*, *Studia Demograficzne* 4 (106) 1991
- Irp (1995), *Tre scenari per il possibile sviluppo della popolazione delle regioni italiane al 2044 (base 1994)*, a cura di Golini A., De Simoni A. e Citoni F., Cnr, Roma
- Istat (1996), *Tavole di mortalità della popolazione italiana per regione, anni 1989-93*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1996), *13° Censimento generale della Popolazione e Abitazioni – Fascicolo generale, Italia*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1996), *Matrimoni, separazioni e divorzi, anno 1994*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1997), *Decessi-caratteristiche demografiche e sociali, anno 1994*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1997), *Matrimoni, separazioni e divorzi, anno 1995*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1997), *Movimento migratorio della popolazione residente, iscrizioni e cancellazioni anagrafiche, Anno 1994*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1997), *Nascite-caratteristiche demografiche e sociali, anno 1994*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1998), *Decessi-caratteristiche demografiche e sociali, anno 1995*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1998), *Movimento migratorio della popolazione residente, iscrizioni e cancellazioni anagrafiche, Anno 1995*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1998), *La presenza straniera in Italia negli anni '90*, Ed. Istat, Roma
- Istat (1998), *Nascite-caratteristiche demografiche e sociali, anno 1995*, Ed. Istat, Roma
- Valentini (1999), *Proiezioni demografiche multiregionali a due sessi, con immigrazione internazionale e vincoli di consistenza*, W.P. 132, Università di Pisa.
- Valentini (1999), *Impatto delle immigrazioni sulla popolazione italiana, confronto tra scenari alternativi*, paper presentato in occasione delle Giornate di studio sulla popolazione, Firenze 7-9 gennaio 1999
- Van Imhoff E. and Keilman N. (1992), *Lipro 2.0: An Application of a Dynamic Demographic projection model to household structure in the Neitherlands*, NIDI CBGS Publications 23, Swets & Zeitlinger, Amsterdam/Lisse
- Van Imhoff E. (1994), *Lipro 3.0 user's guide and tutorial*. NIDI Working Paper 1994/1 A and 1994/1B. The Hague: NIDI; Amsterdam
- Willekens F.J. and Drewe P. (1984), *A Multiregional Model for Regional Demographic Projections*, extracted from Ch. 15, *Demographic Research and Spatial Policy*, pp. 309-331, Academic Press, London

Grafico 1.

La popolazione totale nel periodo 1992-2142 secondo il modello lineare

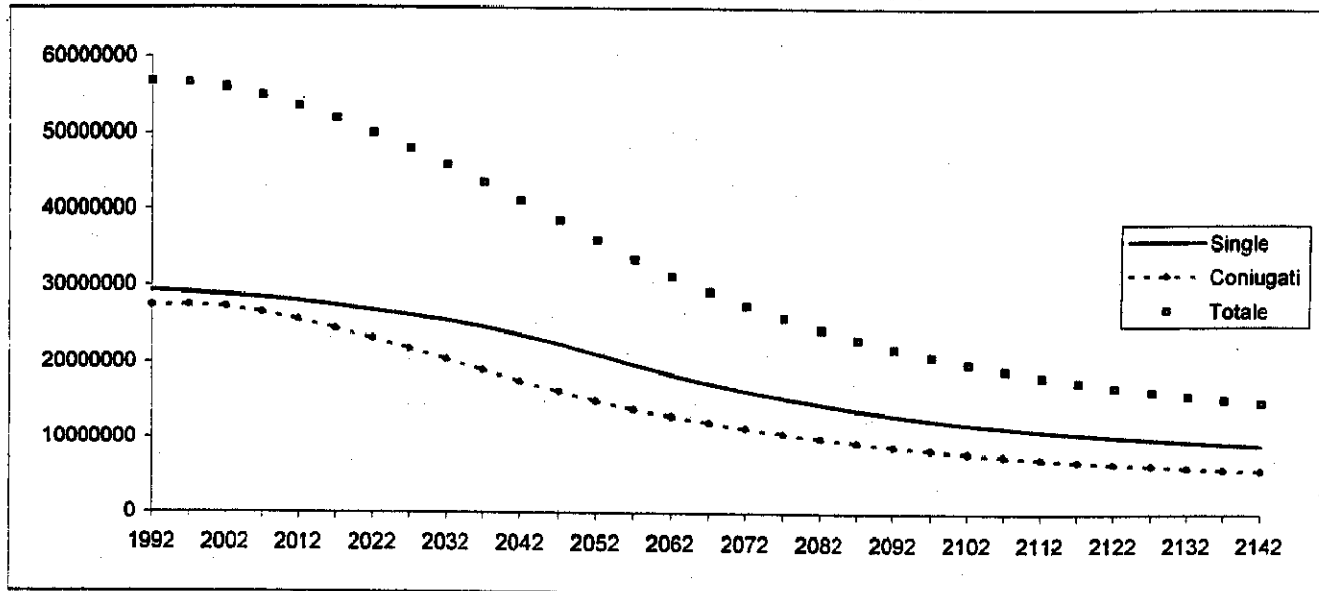


Grafico 2.

L'età media nel periodo 1992-2142 secondo il modello lineare

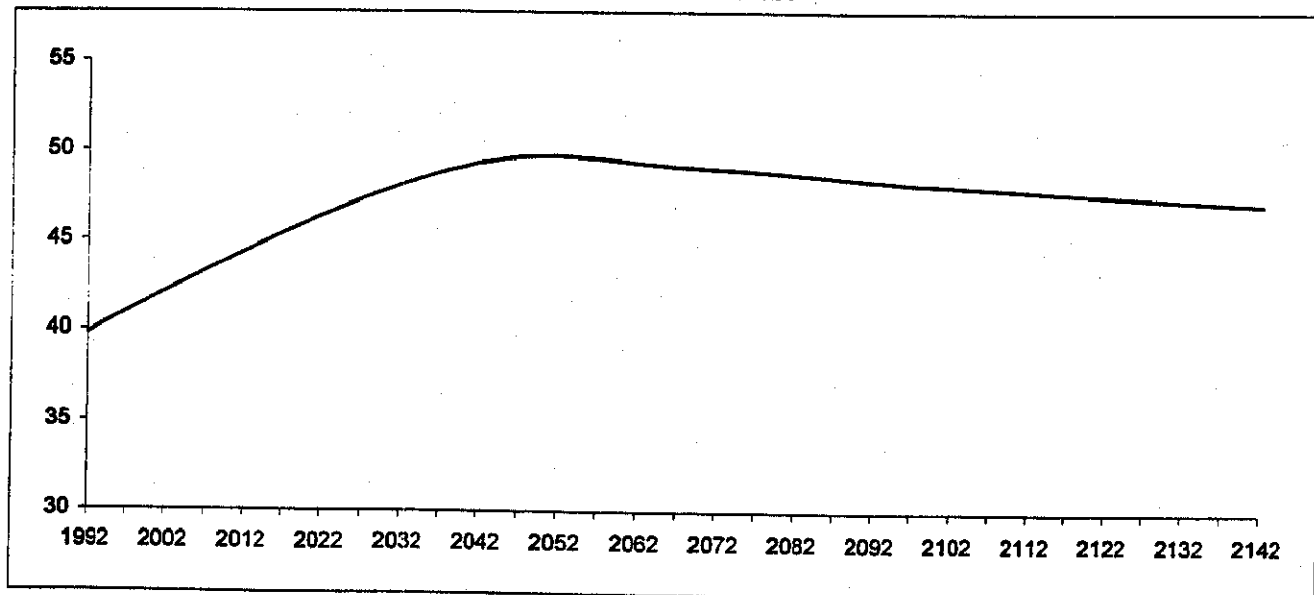


Grafico 3.

Differenze tra il modello lineare e quello esponenziale nella popolazione, nei single e nei coniugati

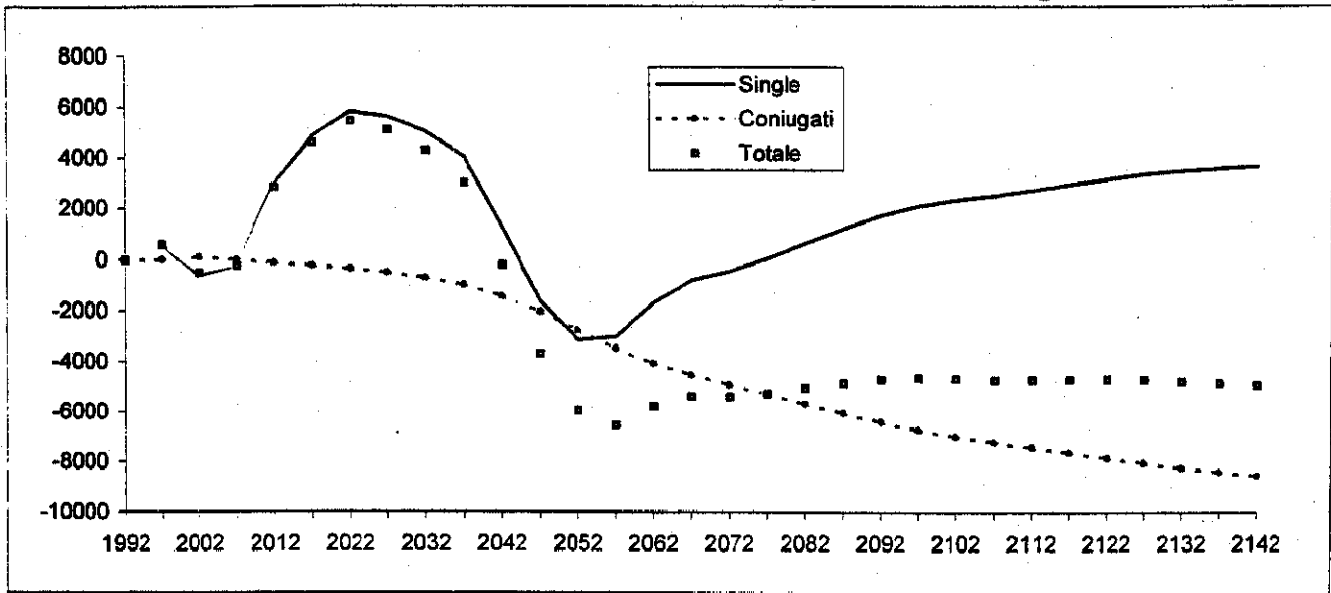


Grafico 4

Differenze tra il modello lineare e quello esponenziale nella popolazione, nei maschi e nelle femmine

