

STIMA E SIMULAZIONE DELLE TAVOLE DI MOBILITÀ CASA-LAVORO IN PIEMONTE:
ESPLORAZIONE DI SCENARI SOCIOECONOMICI

Simone Landini¹, Sylvie Occelli²

SOMMARIO

A partire dall'approccio classico all'interazione spaziale formulato da Wilson oltre quarant'anni or sono, questo studio presenta un'applicazione operativa di tale approccio alla stima dei flussi di mobilità sistematica casa-lavoro a livello sub-regionale. L'analisi è condotta per 186 zone del territorio piemontese nel periodo 2001-2020. Questo lavoro si colloca nell'ambito degli studi condotti dall'IRES Piemonte a supporto della realizzazione del nuovo Piano Regionale della Mobilità e dei Trasporti.

Il contributo è articolato in due parti. La prima parte illustra le metodologie utilizzate per (a) ricostruire le tavole annuali della mobilità casa-lavoro dal 2001 al 2013 e (b) per inferirne la serie dal 2014 al 2020. Nello specifico, ai fini d'applicazione prognostica del modello, ci si sofferma sull'approccio adottato sia per l'estrapolazione dei marginali post-2013 delle tavole di mobilità, sia per stimare il valore di un parametro di impedenza della distanza sulla distribuzione dei flussi in funzione di alcune grandezze derivate da scenari demografici e socioeconomici accreditati.

La seconda parte discute i principali risultati delle applicazioni condotte e presenta un confronto delle tavole di mobilità al 2020, ottenute per due ipotesi di evoluzione dei determinanti relativi ai marginali di origine delle tavole di mobilità (ipotesi di evoluzione demografica o con tassi di crescita del mercato del lavoro).

Alcune considerazioni circa le potenzialità di utilizzo dello strumento analitico nell'accompagnare le attività di policy dei trasporti concludono il lavoro.

¹ IRES Piemonte, via Nizza 18, 10125 Torino, landini@ires.piemonte.it (corresponding author).

² IRES Piemonte, via Nizza 18, 10125 Torino, occelli@ires.piemonte.it.

1. Introduzione

Il sistema dei trasporti inteso come entità che deriva dalle relazioni tra mobilità (delle persone e delle merci), infrastrutture (reti di trasporto e di comunicazioni, mezzi di trasporto, ambiente edificato) e apparati regolamentativi (norme e programmi che provvedono all'innovazione e al governo del settore) è oggi sottoposto a numerose trasformazioni (Debyseru, 2014, Dovey Fishmant, 2012, European Parliament, 2014, Negron-Poblete e Torres eds. 2015).

La crisi economica di questi anni, le dinamiche socio demografiche della popolazione, la progressiva digitalizzazione dell'economia (Manyika et al. 2014) e i trend geo-politici di livello mondiale sono alcuni dei fattori più influenti. La consapevolezza dell'inadeguatezza dei riferimenti teorico-concettuali convenzionali, per il sistema dei trasporti rappresenta anche uno stimolo ulteriore ad interrogarsi su come pensare ai fattori di cambiamento (Acheampong e Silva, 2015, Givoni, 2014, Litman, 2006, Shuldiner e Shuldiner, 2013). Da questo punto di vista, il sistema dei trasporti condivide con altri ambiti di intervento pubblico problemi diffusi di incertezza nel progettare le politiche pubbliche e nel governare le città (Anderson, 2010),

Per il Piemonte, le trasformazioni del sistema dei trasporti sono state investigate in occasione dei lavori preparatori per la redazione del nuovo piano regionale, la cui adozione è una condizione *ex-ante* prevista dalla programmazione europea 2014-20. Nello specifico, le analisi condotte in IRES Piemonte (da ora, Ires) a partire dai dati censuari e da quelli raccolti nelle indagini sulla mobilità individuale condotte dall'Agenzia della Mobilità Piemontese (2004 e 2013) hanno consentito di mettere in luce alcuni aspetti salienti dei cambiamenti della mobilità quotidiana tra il 2001 e il 2013 (Occelli e Sciullo, 2015a, Landini e Occelli, 2016a). Essi possono sintetizzarsi in quanto segue.

- a. Ampliamento dell'ambito territoriale della mobilità ad una duplice scala. (i) A livello sovra regionale, con l'aumento degli scambi con le regioni limitrofe. Territorio intrinsecamente aperto per collocazione geografica, il Piemonte mostra una maggiore permeabilità dei suoi confini anche con riferimento alla mobilità quotidiana. E' probabile che con l'internazionalizzazione dei mercati del lavoro e dei servizi e lo sviluppo delle infrastrutture di trasporto (es. alta velocità) questa tendenza si consolidi ulteriormente. (ii) A livello sub-regionale, si osserva un rafforzamento dell'ancoraggio territoriale della mobilità, nella misura in cui i flussi uscenti dai comuni, pur aumentando, privilegiano destinazioni relativamente prossime alle zone di origine. E' plausibile ritenere che, nei prossimi anni, la combinazione di *pattern* insediativi più densi unitamente ad una maggiore consapevolezza circa l'adeguatezza delle scelte di mobilità da parte degli individui, rafforzino l'ancoraggio suddetto, contribuendo a determinare percorsi di mobilità globalmente più sostenibili.
- b. Diminuzione del volume degli spostamenti: un dato da interpretarsi come positivo, dal punto di vista della sostenibilità, ma da approfondire con attenzione dal punto di vista socioeconomico, soprattutto per quanto riguarda l'individuazione di fattori che, s'ipotizza, concorrano a determinarlo.

Un primo fattore è costituito dalla diminuzione della popolazione mobile (quella che dichiara di aver effettuato uno spostamento in un giorno feriale tipo), prodotta da un calo consistente dell'aliquota nelle classi di età in fascia centrale (quella più numerosa) a fronte di un aumento dell'aliquota di popolazione con oltre 70 anni (la cui quota di mobilità passa dal 48 al 52% tra il 2004 e il 2013). Tale fattore, sicuramente acuito dagli effetti della crisi di questi anni, è riconducibile ai più generali processi di trasformazione socio-demografica (invecchiamento della popolazione) ed economica (struttura produttiva de-verticalizzata, organizzazione del lavoro più flessibile) del sistema piemontese. Anche se, da un punto di vista quantitativo, le variazioni del livello della popolazione mobile saranno anche in futuro probabilmente modeste, da un punto di vista qualitativo, il profilo complessivo della mobilità quotidiana potrebbe subire delle modificazioni considerevoli per quanto riguarda, ad esempio, la composizione della popolazione che si sposta giornalmente (aliquota crescente di popolazione anziana); il rapporto tra mobilità sistematica e non sistematica, ed i requisiti stessi della mobilità maggiormente attenti agli aspetti di benessere (in particolare salute e sicurezza); l'orizzonte temporale dell'agenda della mobilità quotidiana, che da giornaliera si potrebbe estendere a settimanale.

Un secondo fattore che ha contribuito alla diminuzione degli spostamenti è rappresentato dalla contrazione generalizzata (per tutte le classi età) del numero medio di spostamenti (a livello regionale esso passa da 3,2, nel 2004, a 2,7 nel 2013). Il fenomeno è relativamente più accentuato con riferimento agli spostamenti per motivi di lavoro, l'accompagnamento e gli acquisti.

Un ulteriore fattore è connesso all'uso delle ICT, che rivoluzionando i modi di lavorare e di erogare molti servizi, consente oggi di evitare spostamenti fisici e di governare meglio la propria mobilità (UNECE, 2012). Per i cittadini piemontesi, i principali benefici attesi dalla possibilità di utilizzare le ICT in sostituzione allo spostamento fisico riguardano il guadagno di tempo a favore di altre pratiche sociali ed i miglioramenti nella gestione degli spostamenti (Occelli e Sciullo 2015b). Considerata la pervasività di queste tecnologie nelle pratiche quotidiane degli individui, è lecito aspettarsi che nel prossimo futuro le ICT avranno un ruolo sempre più importante anche nella mobilità. In che misura il loro utilizzo influirà sui modi, le frequenze e il numero degli spostamenti a livello di singolo individuo, di organizzazioni e di territori, dipenderà, in ultima istanza, dalla capacità dei diversi soggetti di finalizzarne le applicazioni nei diversi contesti.

- c. Rafforzamento, seppur debole, nei modi di spostamento più favorevoli alla sostenibilità. Si osserva infatti un lieve aumento nell'uso del mezzo pubblico su ferro (in particolare negli spostamenti per lavoro) e una crescita apprezzabile dell'uso della bicicletta. Il fatto, poi, che con riferimento alla sicurezza (da incidente), il mezzo pubblico risulti maggiormente apprezzato rispetto a quello privato, è un aspetto sul quale, forse, c'è ancora poca consapevolezza. Anche con riferimento all'uso dell'auto, la riduzione degli spostamenti che utilizzano l'auto come conducente a fronte di un aumento di quelli che la usano come passeggero, testimonia di alcuni cambiamenti in corso, che potrebbero avere ricadute positive sul ridimensionamento dell'uso del mezzo individuale. Per quanto l'auto continuerà ad essere il mezzo di trasporto privilegiato (soprattutto negli spostamenti non sistematici), non è escluso che nei prossimi anni si assista a un progressivo disaccoppiamento della relazione di dipendenza reciproca tra proprietà e uso del mezzo, accelerando lo sviluppo di modi di trasporto alternativi (*car sharing*, *car pooling*, ecc.) oggi ancora relativamente poco diffusi (Mitchell, Borroni-Bird and Burns, 2010).

Sullo sfondo di queste evidenze e alla luce dei contenuti stessi del nuovo Piano Regionale della Mobilità e dei Trasporti (Regione Piemonte, 2016), che riserva un'attenzione prioritaria alla mobilità sistematica, nel 2016 l'Ires ha avviato un percorso di studio dedicato alla stima dei flussi casa-lavoro. Se si escludono le indagini campionarie, realizzate dall'Agenzia della Mobilità Piemontese, in Piemonte, l'unica fonte informativa per questi flussi è quella censuaria che, con cadenza decennale, raccoglie una serie di dati relativamente all'origine e alla destinazione degli spostamenti delle persone, al motivo dello spostamento (lavoro e studio), oltreché ad alcune caratteristiche (il mezzo utilizzato e in quale fascia oraria).

Il percorso di studio dell'Ires ha due principali finalità. La prima ha carattere operativo e si propone di sviluppare uno strumento metodologico per ottenere delle stime quantitative (sottoforma di *educated guess*) della pendolarità casa-lavoro utili a informare (e valutare) alcune azioni del nuovo piano regionale della mobilità delle persone. La seconda risponde a un'esigenza più generale, peraltro insita nell'impostazione del Piano stesso, di costruire interpretazioni del fenomeno della mobilità meglio capaci di tener conto dei punti di vista dei diversi possibili osservatori (i funzionari di settore, gli analisti, gli esperti di dominio). Da questo punto di vista, l'applicazione (e lo sviluppo) di uno strumento metodologico dedicato, rappresenta una possibilità concreta per istruire proficuamente la discussione tra i soggetti coinvolti nello studio e nel governo del fenomeno (Landini e Occelli, 2016b,c).

Benché basato su metodi consolidati, il principale riferimento è infatti all'approccio di interazione spaziale sviluppato da Wilson (1971, 1998), questo studio ha un carattere innovativo sia dal punto di vista analitico sia computazionale. Esso si propone di stimare i flussi di pendolarità, a un livello di articolazione territoriale sufficiente fine (le 186 zone utilizzate nelle indagini individuali della mobilità), relativamente a

intervalli temporali ravvicinati, anche in una prospettiva scenariale, a partire dalle informazioni socioeconomiche contenute nelle fonti statistiche ufficiali e messe a disposizione da uffici studi accreditati.³

Il resto del lavoro è organizzato come segue. Nella sezione seguente si illustra il percorso metodologico seguito per ricostruire le tavole annuali della mobilità dal 2001 al 2013 e per estrapolarle in serie fino al 2020. Nell'applicazione del modello in fase prognostica, in particolare, si investigano due ipotesi di evoluzione dei determinanti strutturali dei marginali relativi alle origini delle tavole di mobilità: la prima ipotesi considera l'evoluzione tendenziale della popolazione in età di lavoro, la seconda ipotesi considera l'evoluzione demografica secondo i tassi futuri di crescita dell'occupazione stimati nelle province e poi applicati alle zone di ciascuna provincia. In entrambe le ipotesi, i marginali relativi alle destinazioni delle tavole di mobilità sono stati stimati in previsione considerando la dinamica tendenziale. Un approfondimento specifico è dedicato all'approccio seguito per determinare il valore del parametro di impedenza della distanza che, a conoscenza degli autori, presenta caratteri di novità, rispetto alle procedure di calcolo comunemente utilizzate.

La sezione tre discute poi alcuni risultati delle stime ottenute e presenta un confronto delle tavole di mobilità al 2020 per le due ipotesi di evoluzione dei determinanti strutturali investigati nello studio.

Alcune considerazioni generali sul lavoro svolto e sulle potenzialità di utilizzo di uno strumento analitico di questo tipo per accompagnare la realizzazione del piano regionale dei trasporti concludono l'articolo.

2. L'impianto metodologico

2.1 Quadro generale

Tre principali aspetti caratterizzano l'approccio che è stato sviluppato ai fini della stima dei flussi di pendolarità casa-lavoro:

1. il fatto di considerare zone territoriali come unità di analisi della mobilità o domanda di trasporto. Si tratta pertanto di un approccio che opera a livello meso, ad un livello cioè intermedio tra quello dell'individuo (approccio micro o disaggregato) e quello regionale (approccio macro). Esso si propone di determinare il numero e la distribuzione dei flussi casa-lavoro a partire da tre principali determinanti:
 - la popolazione (in età di lavoro) che risiede nelle zone del sistema allo studio, una cui aliquota si sposta giornalmente per recarsi al lavoro;
 - le imprese insediate nelle zone presso le quali gli occupati si recano giornalmente;
 - una misura della distanza che separa le zone di residenza da quelle di lavoro;
2. il fatto di utilizzare in modo integrato una varietà di tecniche statistiche, (regressione, simulazione Montecarlo, analisi auto-regressive) nel quadro di applicazione di una modellistica dell'interazione spaziale, sviluppata da Wilson oltre 40 anni or sono (Wilson, 1967, 1968, 1971, 1998). Si tratta di uno dei filoni classici di analisi dei sistemi urbani che ha avuto molteplici applicazioni negli studi sulla localizzazione delle attività urbane (residenze, posti di lavoro e servizi) e sull'analisi dei flussi di merci e persone;
3. il fatto di sfruttare alcune informazioni socioeconomiche, disponibili ed aggiornabili con una regolarità temporale certa.

In sintesi, l'approccio stima le tavole annuali di mobilità fra zone territoriali (le 186 zone considerate nelle indagini sulla mobilità individuale: Indagine IMQ) relativamente ad un orizzonte temporale di medio-lungo periodo, sulla base dei dati noti sui flussi di pendolarità casa-lavoro e di una serie di informazioni di natura socioeconomica, attraverso le quali aggiornare i marginali delle tavole di mobilità.

Nella presente applicazione, il periodo preso in esame considera l'intervallo temporale dal 2001 al 2020. I dati di flusso sono quelli rilevati delle tavole di mobilità ISTAT al 2001 e al 2011. Le informazioni

³ Le statistiche ufficiali utilizzate sono di fonte ISTAT: le tavole della mobilità al 2001 ed al 2011, la banca dati ASIA dal 2001 al 2013 e le proiezioni demografiche al 2020. Di fonte PROMETEIA Associazione sono i dati di previsione scenariale sulla contabilità regionale.

socioeconomiche utilizzate per aggiornare i marginali sono la popolazione in età lavorativa (15-70 anni) e il numero di imprese, entrambi di fonte ISTAT.

Al centro dell'impianto metodologico c'è uno dei modelli di interazione spaziale di Wilson, quello completamente vincolato e qui specificato in veste dinamica. Per un dato anno t la specificazione del modello d'interazione spaziale è la seguente:⁴

$$T_{i,j}(t) = [A_i(t) \cdot O_i(t)] \cdot [B_j(t) \cdot D_j(t)] \cdot f(d_{i,j}|\beta(t)) \quad (1)$$

dove:

- $T_{i,j}(t)$ è il flusso di persone che si spostano giornalmente dalla zona di residenza i a quella di lavoro j , questa grandezza definisce il valore di una cella di una tavola di mobilità;
- $O_i(t)$ è il totale dei flussi che hanno origine nella zona i e, in questo studio, dipendono dalla quantità di popolazione in età da lavoro che risiede nella zona i , questa grandezza definisce i marginali di riga di una tavola di mobilità;
- $D_j(t)$ è il totale dei flussi che entrano nella zona j e, in questo studio, dipendono dal numero di imprese insediate nella zona j , questa grandezza definisce il valore dei marginali di colonna di una tavola di mobilità;
- $f(d_{i,j}|\beta(t))$ è una funzione che descrive l'effetto di deterrenza alla mobilità esercitata dalla distanza ($d_{i,j}$) tra le zone, come *proxy* del *costo medio di spostamento*, in ragione di un parametro di deterrenza globale $\beta(t) > 0$ da stimarsi iterativamente.⁵ Il parametro β modula la deterrenza allo spostamento o l'impedenza da parte della distanza alla distribuzione spaziale dei flussi: di seguito useremo indifferentemente le due diciture. La funzione matematica adottata per esprimere l'effetto di deterrenza o impedenza è l'esponenziale negativa: $f(d_{i,j}|\beta(t)) = \exp(-\beta(t) \cdot d_{i,j})$. Pertanto, per un dato valore del parametro $\beta > 0$, che dipende dalla struttura dei marginali, maggiore è la distanza $d_{i,j}$ minore è il flusso $T_{i,j}(t)$. Detto altrimenti, data una certa distribuzione dei marginali e ricordando che il parametro $\beta(t)$ insiste su tutta la tavola di mobilità, valori più elevati del parametro $\beta(t)$ rafforzano l'effetto deterrente della distanza sugli spostamenti.
- $A_i(t)$ e $B_j(t)$ sono coefficienti di aggiustamento che, ad ogni anno, vengono calcolati iterativamente in modo tale garantire che la somma dei flussi $T_{i,j}(t)$ per le zone di residenza e di destinazione corrispondano, rispettivamente, al totale dei flussi generati $O_i(t)$ e attratti $D_j(t)$.

Operativamente, il percorso metodologico prevede i passi⁶ sinteticamente richiamati nello schema della Fig.1. Esso si articola in fasi successive, nelle quali le procedure di stima dei marginali e del parametro di deterrenza β sono convenientemente adattate al fine di rispondere a due esigenze:

- costruire in modo appropriato le informazioni necessarie alla specificazione temporale delle tavole di mobilità;
- considerare grandezze che, in future applicazioni del modello, possano trovare i riferimenti opportuni in scenari socioeconomici di evoluzione del sistema regionale.

In questo studio, l'anno 2013 rappresenta l'anno soglia perché, al momento dello sviluppo della procedura, questo era l'ultimo anno per il quale erano disponibili i dati necessari all'applicazione del modello: tale soglia è quindi da intendersi come mobile in relazione alla possibilità di aggiornamento delle

⁴ Si rinvia a Wilson (1967, 1968, 1971, 1998) per i dettagli metodologici.

⁵ In linea di principio, una certa molteplicità di fattori possono condizionare lo spostamento, fra i quali. la morfologia insediativa e la connettività della rete infrastrutturale, il livello dei servizi di trasporto, i costi di accesso e la percezione della mobilità da parte degli utenti. In questo studio, si è considerata una specificazione elementare che considera la sola distanza fisica, cioè il numero di km su strada fra i poli delle zone: la distanza è dunque una grandezza che si mantiene costante nel tempo.

⁶ Per ragioni di spazio, questo contributo non riporta i dettagli tecnici della procedura. La documentazione tecnica è disponibile presso gli autori su richiesta.

informazioni per la scala territoriale scelta. La procedura distingue una fase 1, detta di ricostruzione dei flussi a partire da una stima dei marginali su dati noti, da fasi successive, (qui indicate come fasi 2 e 3) in cui, per utilizzare il modello a fini prognostici, si sono applicati metodi diversi per estrapolare le possibili traiettorie future dei marginali.

Il primo metodo (fase 2) privilegia un'ipotesi secondo la quale il sistema della mobilità piemontese riproduce sé stesso, in modo pressoché inerziale, seguendo cioè un percorso di evoluzione che replica la tendenza del passato. In questo caso, i valori futuri dei marginali delle tavole di mobilità sono determinati attraverso un metodo auto-regressivo del primo ordine, assumendo cioè che i valori al tempo $t + 1$ dipendano soltanto da quelli al tempo t .

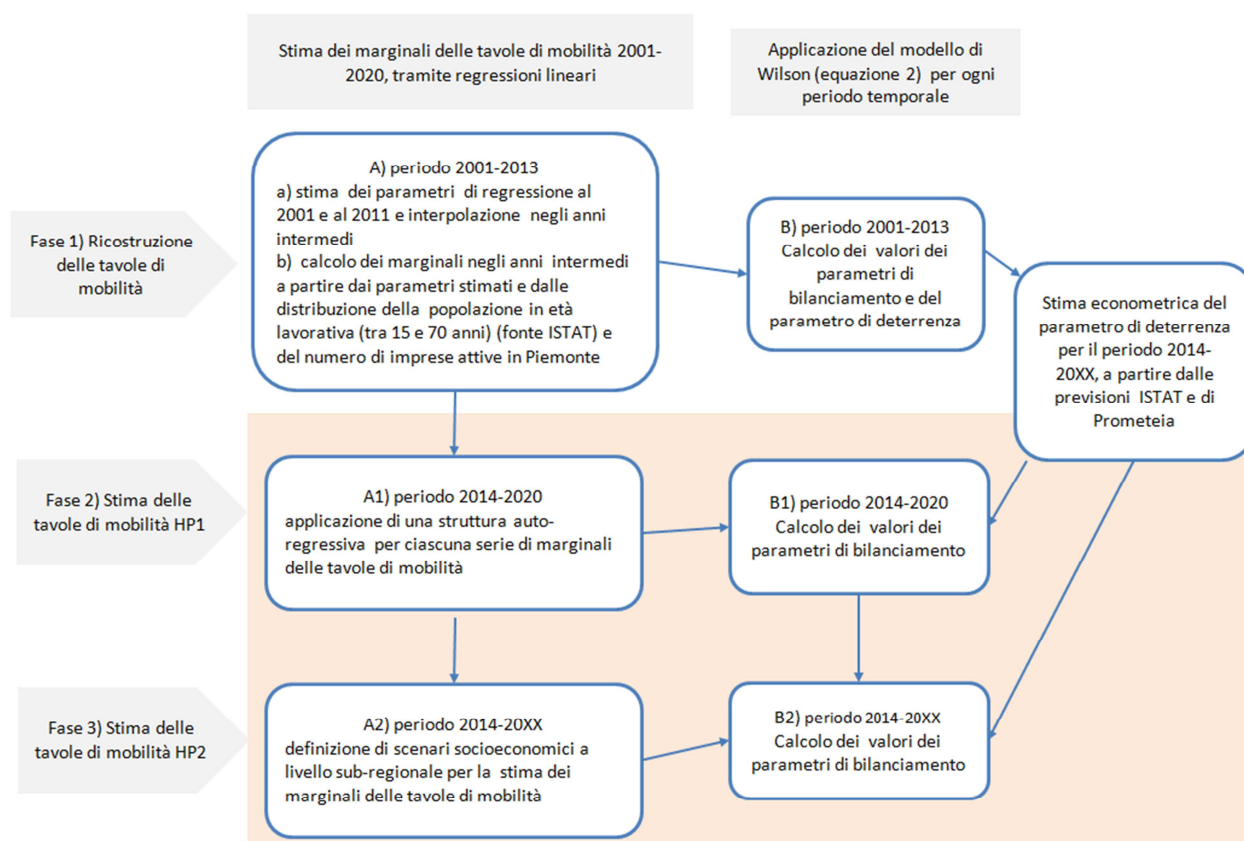


Figura 1 Principali passi operativi dell'approccio utilizzato. L'indicazione 20xx è riferita al fatto che, prognosticamente, il metodo è estendibile anche oltre il 2020, che è la scadenza qui considerata.

Ancorché limitativa, l'ipotesi di evoluzione inerziale è funzionale alla predisposizione di una descrizione di riferimento della mobilità regionale, con riferimento alla quale poter confrontare i risultati di altre applicazioni del modello. A tale proposito è da notare che, in un periodo di grandi trasformazioni come quello attuale, l'ipotesi merita di essere considerata come un'opzione preliminare da cui partire per elaborare scenari di evoluzione socioeconomica della regione cui ancorare, in futuro, le applicazioni del modello.

L'applicazione condotta nella fase 3 rappresenta un passo in questa direzione. Nello specifico, si fa l'ipotesi che, nel periodo 2014-2020, le modificazioni dei marginali relativi alle origini riflettano l'andamento del mercato del lavoro, osservato nelle aree locali del Piemonte negli ultimi anni. A partire dai tassi di crescita dell'occupazione registrati nelle province piemontesi dal 2007 al 2013 si sono quindi estrapolate le tendenze per il periodo 2014-2020; queste, sono state poi applicate a tutte le zone di ciascuna provincia, assumendo che le variazioni attese dei flussi generati siano le medesime dell'occupazione.

2.2 Un approccio di stima indiretta del valore del parametro di impedenza della distanza

Un aspetto innovativo investigato in questo studio riguarda la stima del valore del parametro di impedenza della distanza. Nell'applicazione classica del modello di Wilson, il valore del parametro di impedenza della distanza β è ottenuto attraverso una procedura iterativa, secondo la quale i flussi stimati sono calcolati in modo da rispettare i vincoli imposti dal modello, l'equazione (1). In questo studio la procedura iterativa di stima è stata introdotta in un algoritmo di simulazione Montecarlo.⁷ I valori di β dal 2001 al 2013 sono stati calcolati in questo modo nella fase di ricostruzione annuale delle tavole di mobilità, (fase 1: ricostruzione dei marginali e stima delle tavole di mobilità). In base al principio di massima entropia sottostante all'approccio wilsoniano, e date le informazioni note associate ai vincoli del sistema, le stime ottenute sono pertanto quelle *massimamente consistenti* con la struttura dei marginali osservati o ricostruiti.

Nella seconda e nella terza fase i valori del parametro β sono stimati in modo esogeno alla procedura suddetta. Nel periodo 2014 – 2020 i marginali sono stati determinati condizionandoli all'andamento di altre grandezze socioeconomiche per le quali esistono degli scenari previsionali accreditati: lo scenario demografico ISTAT (ipotesi centrale) e quello economico per la contabilità regionale, prodotto da PROMETEIA Associazione per l'Ires.

Più nello specifico, sulla base di un'analisi di correlazione tra i valori della serie del parametro stimata nella fase 1, cioè relativamente al periodo 2001-2013, e le grandezze contenute nelle basi dati degli scenari sopra indicate sono state selezionate le variabili massimamente correlate.

Mediante un modello di regressione semplice sono stati quindi determinati i parametri che spiegano l'intensità delle relazioni fra il parametro di deterrenza e le grandezze selezionate: il primo ritardo del PIL regionale (*PIL*), il primo ritardo della popolazione in cerca di prima occupazione (*CercaPrimaOc*), il primo ritardo del parametro stesso ed il valore contemporaneo della popolazione in età da lavoro (*Pop1570*). L'equazione di regressione è la seguente⁸:

$$\beta_t = a + b \cdot \beta_{t-1} + c \cdot PIL_{t-1} + d \cdot CercaPrimaOc_{t-1} + e \cdot Pop1570_t + \epsilon_t \quad (2)$$

dove ϵ_t è un fattore di disturbo caratterizzato dalle usuali assunzioni dell'analisi statistica del metodo a minimo quadrati.

I valori stimati dei coefficienti di regressione, ed i rispettivi errori standard riportati in Tab.1, mostrano che solo la popolazione in età da lavoro influisce positivamente sul valore del parametro di deterrenza; tutte le altre grandezze, e in particolare lo stesso parametro ad un anno di ritardo, hanno un impatto negativo. Inoltre, si noti che tutte le grandezze, ad eccezione della popolazione in età da lavoro, sono state ritardate di un anno: ciò significa introdurre l'ipotesi che queste grandezze richiedano almeno un anno di tempo per esplicare i loro effetti sul parametro di deterrenza.

⁷ La procedura integra il metodo *Iterative Proportional Fitting* in un algoritmo Montecarlo di cui si riassumono brevemente i passaggi: (i) generazione di K valori casuali uniformemente distribuiti, (ii) scelta di uno fra i K valori ed applicazione nello *Iterative Proportional Fitting* che aggiusta righe e colonne della matrice di flusso, (iii) stima dell'errore percentuale associato al valore scelto; (iv) riprende da (ii) fino ad esaurimento dei K valori, (v) identificazione di un candidato come quello che fra i K calcolati ha il minor errore percentuale; (vi) riprende da (i) per M volte. Al termine della procedura si hanno M stime a minimo errore, di queste si calcola la media aritmetica per ottenere la così detta stima Montecarlo del valore del parametro d'impedenza a cui è associato anche un errore standard. Con questa procedura è quindi anche possibile procedere ad esercizi di inferenza secondo l'approccio Bootstrap.

⁸ Poiché le serie a disposizione sono piuttosto brevi si è scelto di utilizzare il semplice metodo della regressione a minimi quadrati ordinari, pur nella consapevolezza dei limiti di questo approccio.

Tabella 1. Impatto delle grandezze sulla stima del parametro di impedenza della distanza: valori dei coefficienti e errore standard (equazione 2)

<i>Coefficiente</i>	<i>Variabile associata</i>	<i>Valore stimato</i>	<i>Errore standard</i>
\hat{a}	Intercetta	1,1938	1,8383
\hat{b}	Beta(t-1)	-0,2699	0,2645
\hat{c}	PIL(t-1)	-0,0126	0,0053
\hat{d}	CercaPrimaOc(t-1)	-0,0040	0,0011
\hat{e}	Pop1570(t)	1,0039	0,5216

Fonte: Elaborazioni IRES Piemonte su dati ISTAT e PROMETEIA Associazione.

Per meglio cogliere il senso del contributo di ogni grandezza considerata si ricorda che, nel modulare l'interazione spaziale fra le zone di residenza i e quelle di lavoro j (la produzione del flusso $T_{i,j}(t)$ in eq.1), il parametro della distanza ha segno negativo ($-\beta(t) \cdot d_{i,j}$), quindi

$$T_{i,j,t} = [A_{i,t} \cdot O_{i,t}] \cdot [B_{j,t} \cdot D_{j,t}] \cdot e^{-(a+b \cdot \beta_{t-1} + c \cdot PIL_{t-1} + d \cdot CercaPrimaOc_{t-1} + e \cdot Pop1570_t + \epsilon_t) \cdot d_{i,j}} \quad (3)$$

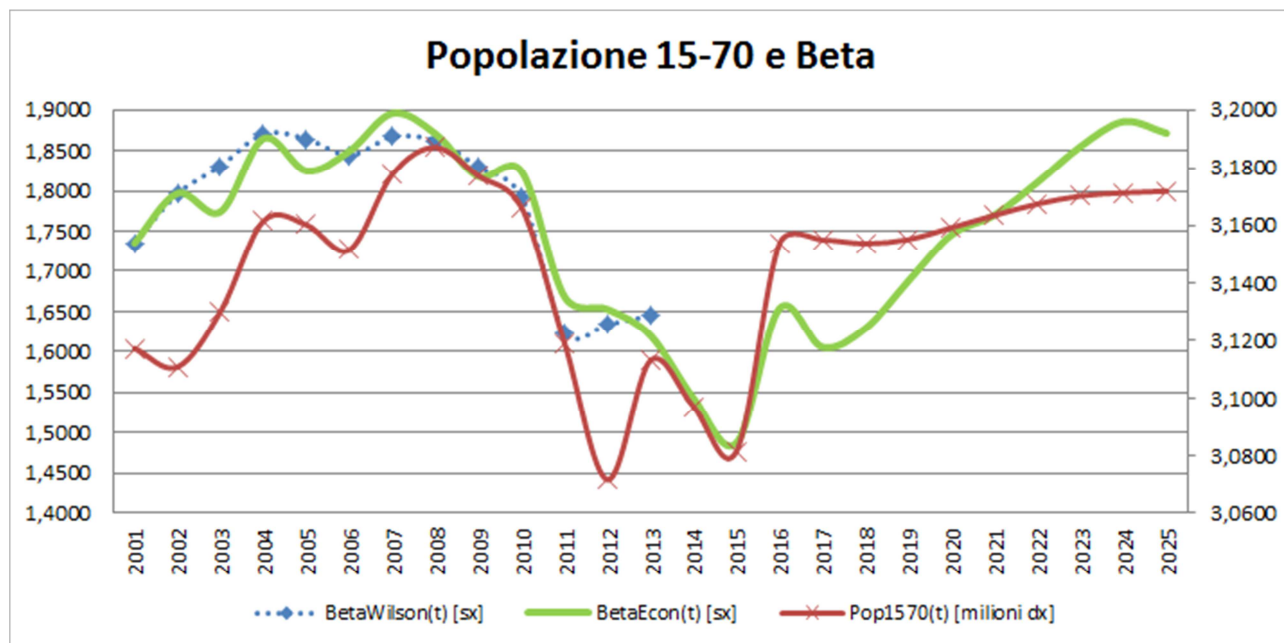
Pertanto, il contributo alla formazione del flusso $T_{i,j}(t)$ da parte di ogni singola grandezza in Tab.1 va letto in modo opposto a quello che spiega il suo contributo alla formazione del parametro di deterrenza. Ad esempio, un aumento della popolazione in cerca di prima occupazione, riducendo il valore del parametro di deterrenza, attenua l'effetto negativo della distanza nella formazione dei flussi; contribuendo positivamente all'interazione tra le zone i e j . Detto altrimenti, maggiore è il volume di persone in cerca di prima occupazione, minore l'impatto deterrente della distanza, più è favorita l'interazione fra zone e, quindi, l'aumento dei flussi interzonali.

In questa applicazione, l'impatto del parametro sulla distribuzione spaziale dei flussi è l'esito di due forze contrapposte. Quella negativa è esercitata dalla popolazione in età da lavoro: al crescere della popolazione in età da lavoro è associato un maggior impatto della distanza sulla distribuzione dei flussi, quindi gli spostamenti tendono a privilegiare zone più prossime a quelle di origine. Tutte le altre grandezze esercitano una forza positiva che attenua l'effetto deterrente della distanza e favorisce spostamenti di raggio relativamente più ampio. Con riferimento al segno dell'impatto delle grandezze socioeconomiche, è interessante far notare che i risultati di questo studio sono coerenti con quelli ottenuti in un'altra analisi empirica della pendolarità casa-lavoro in Grecia (Polyzos, Tsiotas e Minetos, 2013).

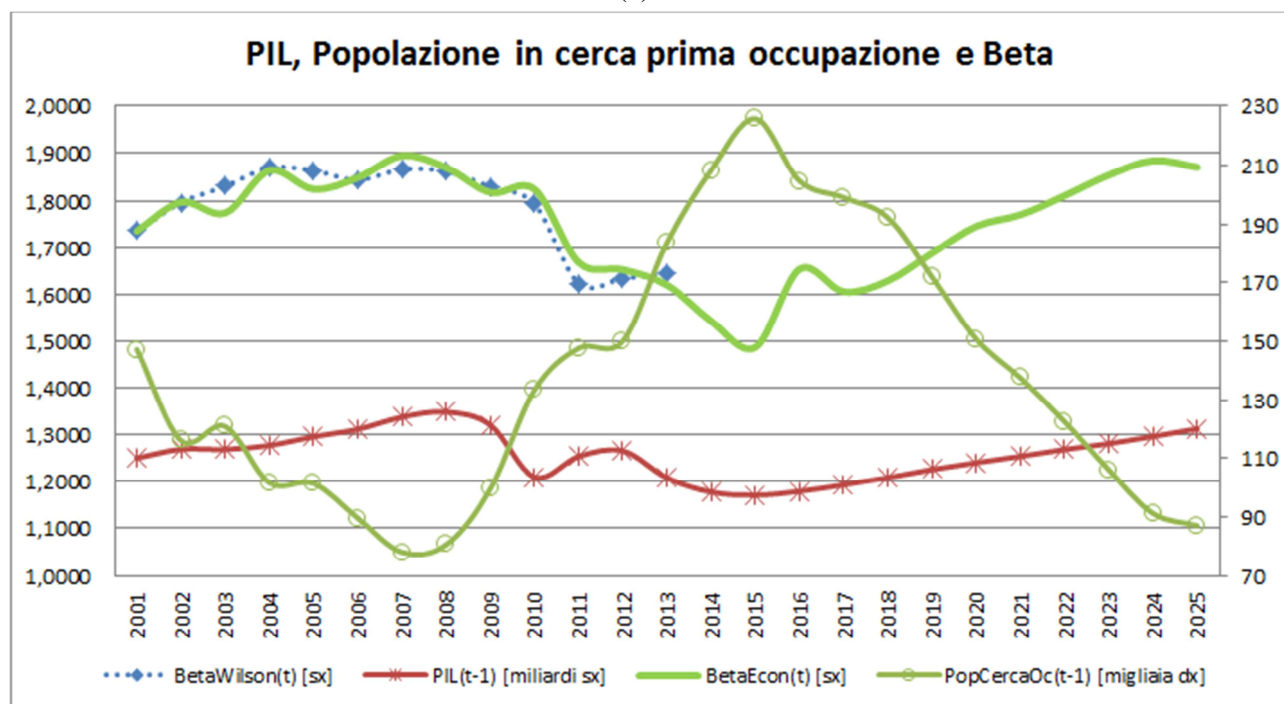
Applicando i valori dei parametri mostrati in Tab.1, ai dati delle grandezze contenuti negli scenari socioeconomici per il periodo 2014-20 è possibile inferire i valori del parametro della distanza, $\hat{\beta}_{t+k}$ per ciascun anno del periodo :

$$\hat{\beta}_{t+k} = \hat{a} + \hat{b} \cdot \beta_{t+k-1} + \hat{c} \cdot PIL_{t+k-1} + \hat{d} \cdot CercaPrimaOc_{t+k-1} + \hat{e} \cdot Pop1570_{t+k} \quad (4)$$

L'andamento del valore del parametro β e di quello delle grandezze considerate è mostrato nei grafici di Fig.2. Nello specifico, la Fig. 2a mostra le traiettorie del parametro di deterrenza, stimate secondo il metodo di Wilson e con il metodo econometrico, e della popolazione in cerca di prima occupazione. E' possibile notare come, nel periodo di osservazione 2001- 2013, in cui i dati sui marginali sono noti perché osservati o stimati in modo consistente con i dati demografici ed economici anch'essi noti, i due andamenti del parametro di deterrenza quasi si sovrappongono. Ciò supporta la scelta effettuata di utilizzare il metodo di stima econometrica per definire i valori del parametro di deterrenza da utilizzare nella stima delle tavole di mobilità post-2013 mediante le equazioni (2) e (4).



(a)



(b)

Figura 2. Valori del parametro β stimato secondo la procedura iterativa standard di Wilson (linea puntinata) e mediante stima econometrica (linea continua spessa) e confronto con i valori della popolazione in età di lavoro, della popolazione in cerca di prima occupazione e del PIL (asse destro), nel periodo 2001-2020.

3. Alcuni risultati delle stime

Si presenta nel seguito una selezione dei risultati del lavoro di stima, ricordando che, in questa applicazione, le stime non tengono conto dei flussi extra-regionali. Tutte le applicazioni del modello in fase prognostica (fase 3) considerano valori del parametro della distanza determinati tramite l'approccio econometrico espresso tramite l'equazione (2) e (4).

Si avverte, inoltre, che, nell'attuale specificazione, l'applicazione del modello alla regione piemontese è molto sensibile alla zonizzazione territoriale utilizzata. Per gli anni censuari con riferimento ai quali si dispongono delle tavole di mobilità, infatti, il confronto tra flussi calcolati e calcolati con riferimento a un'articolazione in 33 zone (quelle che costituiscono gli ambiti del Piano Territoriale Regionale) (Landini e Occelli, 2016b) e in 186 zone (le zone utilizzate negli studi sulla mobilità individuale), evidenzia una caduta nella capacità del modello di riprodurre i flussi osservati al crescere del numero delle zone.

Per quanto nel caso delle 186 zone la configurazione spaziale dei flussi interzonali sia riprodotta con buona approssimazione, Fig.3, il modello non riesce a calcolare in modo soddisfacente le quota di auto-contenimento dei flussi per alcune zone.

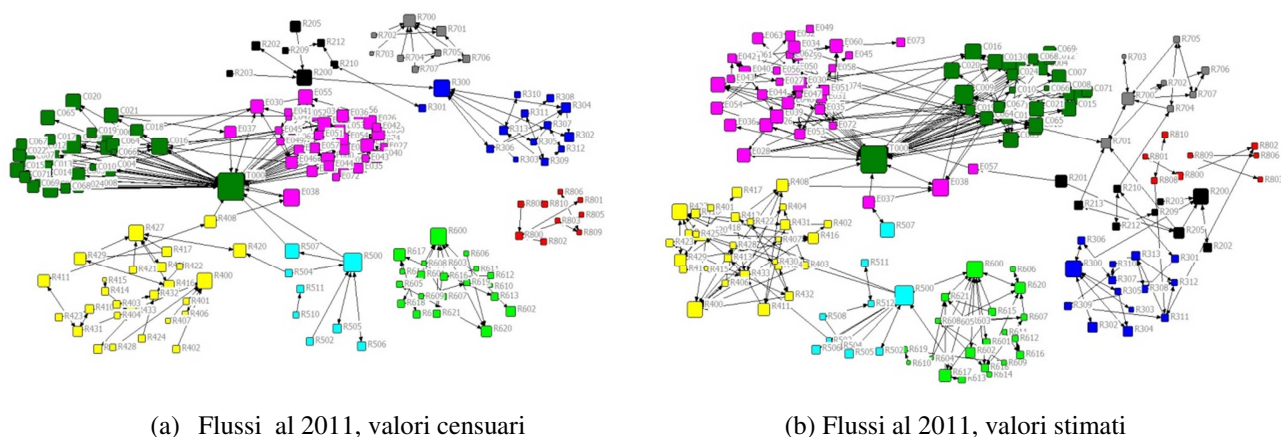


Figura 3. Grafo dei flussi superiori a 500, per la tavola di mobilità censuaria e per quella stimata al 2011(*)

(*) La dimensione dei nodi è proporzionale al numero di legami in ingresso. Il colore distingue la provincia di appartenenza delle zone. Provincia di Torino: nodi verdi (zone costituite da comuni singoli per lo più appartenenti alla cintura metropolitana) e viola; Cuneo: giallo; Asti: azzurro; Alessandria verde; Novara: blu scuro; Vercelli grigio scuro; Biella grigio chiaro; VCO: rosso.

Confrontando i valori stimati ed osservati degli auto-contenimenti al 2001 ed al 2011 si rileva che, per le zone prossime ai grandi poli, il modello tende ad enfatizzare la capacità attrattiva di questi ultimi, a scapito delle zone di generazione. Con riferimento all'articolazione territoriale riportata in Fig.4, ad esempio, si osserva che le criticità maggiori si verificano per le zone contermini al capoluogo regionale. In particolare, si osserva che la sottostima di tali valori è più marcata quando una zona è vicina a zone che pesano relativamente di più dal punto di vista della presenza di posti di lavoro.

Una spiegazione della performance non ottimale del modello nella stima dell'auto-contenimento è da ricercarsi nell'espressione della distanza fra le zone (km su strada) utilizzata in questa applicazione, che non riesce a cogliere in modo appropriato la variabilità tra le localizzazioni, laddove questa non è semplicemente associata alla dimensione fisica dello spazio che intercorre fra di loro. La distanza, cioè, sarebbe per così dire mediata da diversi fattori morfologici, insediativi e socioeconomici, propri dei luoghi, che ne modulerebbero l'influenza nell'abilitare le interazioni spaziali tra zone. Ciò costituisce un argomento meritevole di attenzione in studi futuri (Graham e Patsy, 1999).

Tuttavia, malgrado i limiti appena esposti, la Fig. 4 evidenzia anche che i valori dei marginali di origine e destinazione calcolati dal modello hanno un'aderenza accettabile rispetto ai valori osservati nel 2011.

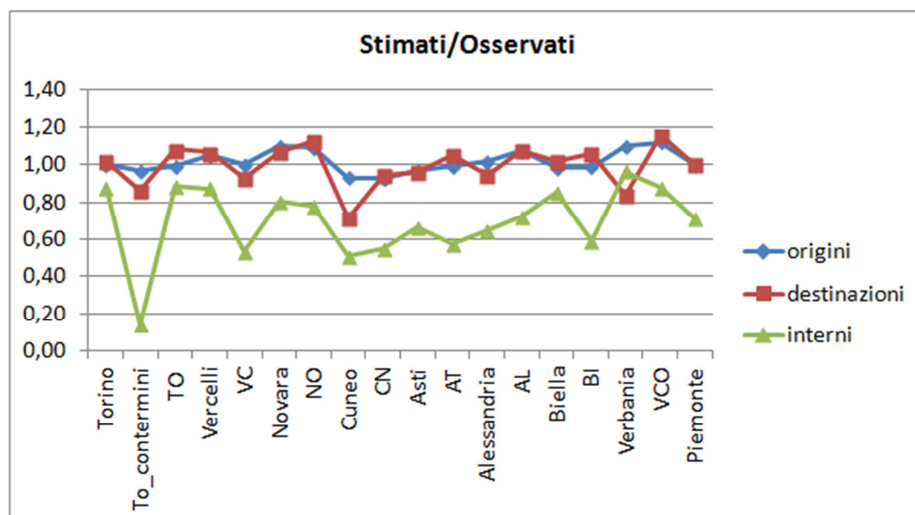


Figura 4. Confronto tra i valori dei flussi stimati e osservati al 2011, nei comuni capoluoghi (nome) e nel resto dei territori provinciali (sigla)

Il grafico di Fig.5 presenta l'andamento della mobilità regionale tra il 2001 e il 2020, distinguendo per gli anni dopo il 2013, i risultati ottenuti applicando la procedura auto regressiva semplice (Evoluzione inerziale) e quella che introduce la considerazione della dinamica occupazionale a livello sub-regionale (Stima occupazione). Il loro confronto evidenzia chiaramente come questa seconda ipotesi introduca una certa variabilità nell'andamento della mobilità totale, tra il 2014 e il 2020, che nel caso di evoluzione inerziale rimane pressoché stazionaria. Le stime al 2020 dei flussi totali per le due ipotesi sono quasi coincidenti e prevedono un incremento di circa il 1,9% di 1,7% rispetto al 2011, rispettivamente, per l'ipotesi di evoluzione inerziale e per quella che considera la stima occupazionale.

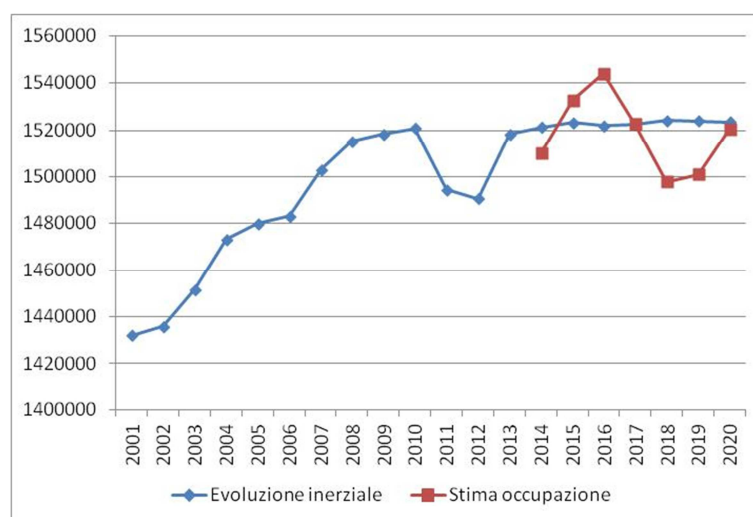


Figura 5. Andamento della mobilità totale in Piemonte tra il 2001 e il 2020, nell'ipotesi di evoluzione inerziale e di stima occupazionale (i valori al 2001 e al 2011 coincidono con quelli censuari).

Nell'ipotesi di evoluzione inerziale, una variazione positiva dei flussi superiore al 2% (crescita) si verifica in circa un terzo delle zone per i flussi in origine e, in poco più della metà per i flussi in destinazione, Fig.6. Come osservato in Occhi e Scialoja (2015a), la maggior diffusione territoriale della crescita dei flussi in ingresso rispetto a quella flussi in uscita caratterizzava anche il cambiamento nei livelli di mobilità osservato tra il 2001 e il 2011.

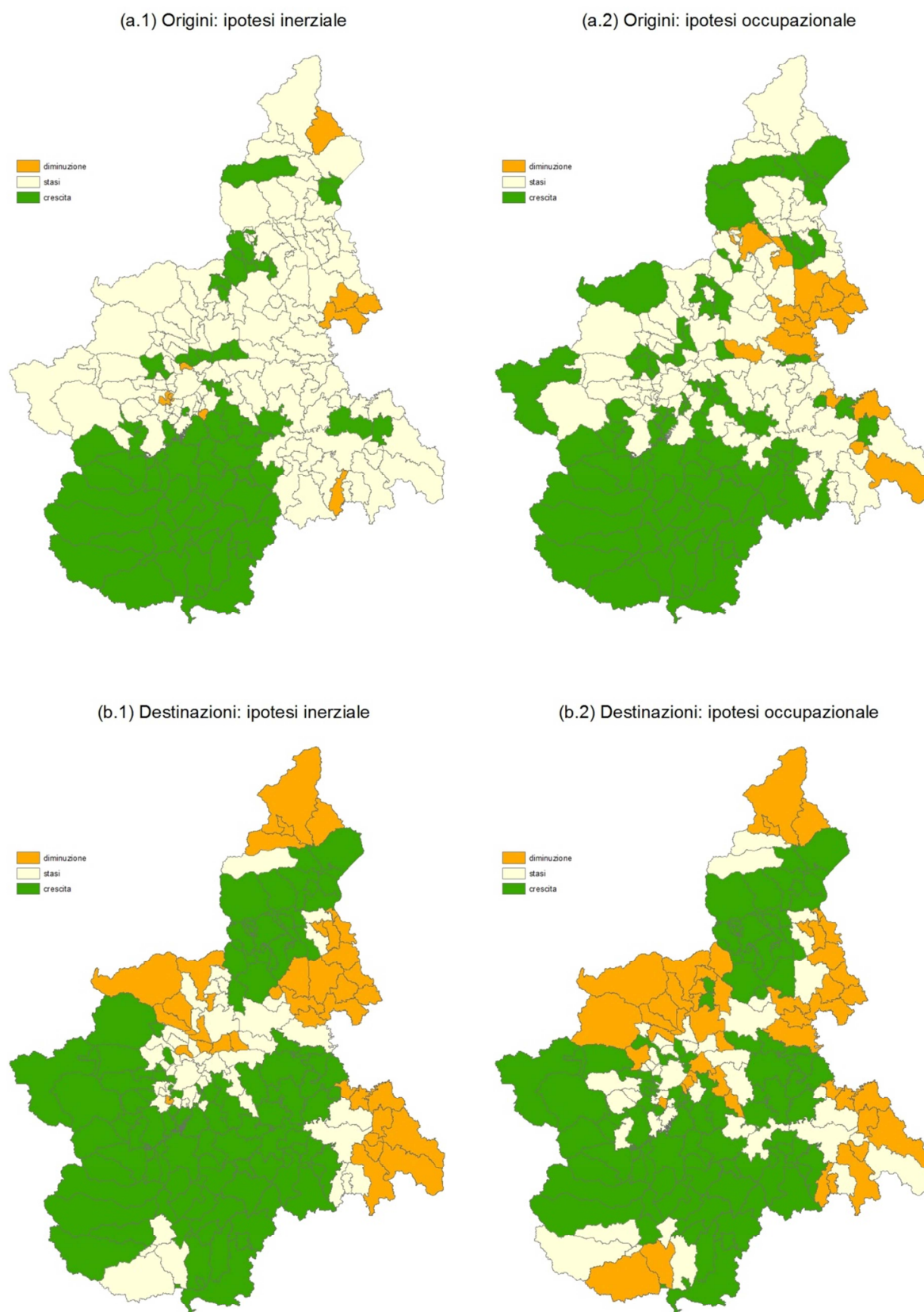


Figura 6. Variazione 2011-2020 dei flussi in origine e in destinazione nell'ipotesi di evoluzione inerziale (a.1, b.1) e con stima basata sulla dinamica dell'occupazione (a.2, b.2). Stasi: variazione tra -2% e +2%. Diminuzione: variazione inferiore a -2%. Crescita: variazione superiore a +2%.

Si nell'ipotesi inerziale sia nell'ipotesi occupazionale, la variazione positiva dei flussi in origine si manifesta principalmente nelle zone sud occidentali della regione ma anche altre parti del territorio regionale come il biellese e il casalese. Rispetto all'ipotesi inerziale, l'ipotesi di evoluzione basata sulla dinamica occupazionale determina una maggior variabilità dei marginali delle tavole di mobilità.

Per le origini, l'ipotesi occupazionale prevede una *crescita* nel 48% delle zone a fronte del 34% previsto dall'ipotesi inerziale secondo cui la *stasi* interessa il 68% delle zone a fronte del 51% dell'ipotesi occupazionale. In entrambe ipotesi, le zone dove attendersi una *diminuzione* dei flussi generati sono molto poche. Ne consegue che per entrambe le ipotesi, quasi tutte le zone del Piemonte sperimenteranno un'invarianza o un modesto aumento dei flussi generati tra il 2011 il 2020.

Con riferimento alle destinazioni, l'ipotesi inerziale stima una *diminuzione* nel 7% delle zone, valore che sale al 13% nel caso dell'ipotesi occupazionale. Inoltre, l'ipotesi inerziale prevede *stasi* nel 38% delle zone contro il 35% dell'ipotesi occupazionale. Infine, la crescita coinvolge la maggior parte delle zone, 55% nel caso inerziale e 52% in quello occupazionale.

La lettura combinata delle variazioni dei flussi generati ed attratti suggerisce che, in particolare nell'ipotesi occupazionale, la mobilità casa-lavoro non subirà sensibili variazioni in termini di spostamenti generati ma potrebbe essere caratterizzata da una riconfigurazione territoriale delle zone di attrazione piuttosto che di generazione, se per molte zone è attesa una crescita nell'attrazione dei flussi per altre si prevede una diminuzione.

La Fig.7, infine, mostra i grafi associati alle tavole di mobilità nelle due ipotesi di evoluzione del sistema che sono state investigate

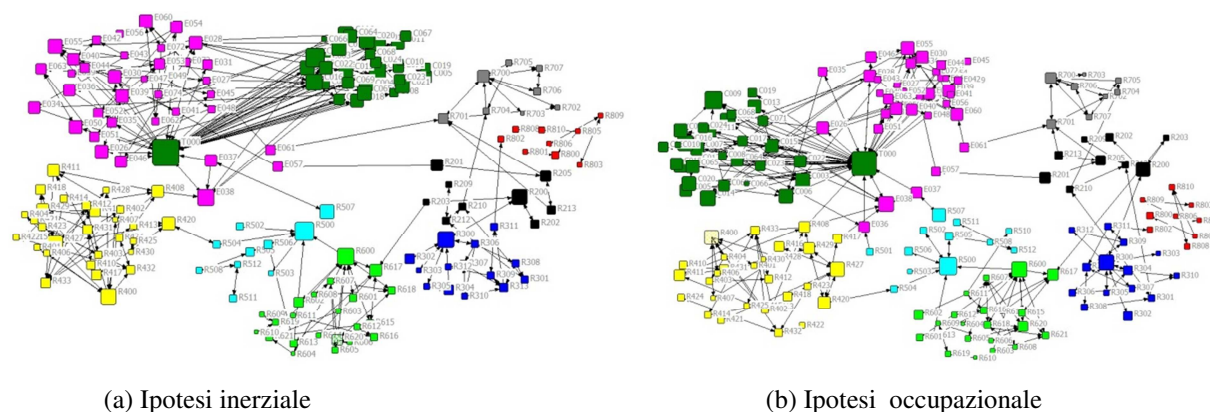


Figura 7. Grafi dei flussi superiori a 500, per le tavole di mobilità al 2020 relative alle due ipotesi di evoluzione del sistema

(*) I nodi sono proporzionali al numero di legami in ingresso. Il colore distingue la provincia di appartenenza delle zone. Provincia di Torino: nodi verdi (zone costituite da comuni singoli per lo più appartenenti alla cintura metropolitana) e viola; Cuneo: giallo; Asti: azzurro; Alessandria verde; Novara: blu scuro; Vercelli grigio scuro; Biella grigio chiaro; VCO: rosso.

Anche se apparentemente non molto dissimili fra loro, un confronto con il grafo relativo alla situazione al 2011 riportato nella Fig.3b evidenzia due aspetti che meritano di essere sottolineati: (i) un indebolimento delle relazioni tra le zone del cuneese (nodi in giallo) e quelle dell'astigiano (nodi in azzurro) e (ii) un relativo rafforzamento delle relazioni con l'ambito metropolitano da parte di alcune aree contermini appartenenti alle province di Biella (nodi in grigio), di Vercelli (nodi in grigio scuro) e di Asti (nodi in azzurro). Con riferimento a quest'ultimo aspetto, una zona della provincia torinese (quella di Carmagnola, E038) sembra avere un ruolo di cerniera importante nell'articolazione dei flussi tra l'ambito metropolitano e quello cuneese.

4. Considerazioni conclusive

Lo studio si presta ad alcune considerazioni generali in merito agli studi futuri della mobilità in Piemonte e ad alcune osservazioni puntuali per affinare l'approccio di stima. Una prima considerazione di carattere generale muove dalla constatazione che, per un sistema regionale la mobilità di persone e di merci sia un valore. Ciò significa che la mobilità è portatrice di numerosi benefici, economici e sociali per i cittadini e le imprese; essa impone però dei costi alla collettività in termini di incidentalità, inquinamento ed esternalità ambientali. La letteratura di questi ultimi anni ha ampiamente documentato l'onere di tali costi per contenerne gli impatti sul cambiamento climatico – preoccupazione prioritaria nel dibattito attuale sulla sostenibilità - il passaggio ai veicoli elettrici e il disaccoppiamento tra crescita economica e aumento degli spostamenti (in particolare quelli motorizzati) (Kristensen et al., 2014). In Piemonte, come in altre parti del mondo industrializzato, il calo nel volume totale degli spostamenti osservato in questi ultimi anni sembra coerente con tale disaccoppiamento. Il fatto che, almeno in questa regione, esso sia avvenuto in concomitanza a una crisi economica ancora non esaurita, tuttavia, rende difficile apprezzarne la portata effettiva. Da questo punto di vista, emerge l'opportunità di approfondire le relazioni tra i diversi determinanti che alimentano la domanda di trasporto e la mobilità, un aspetto non secondario nell'impostazione stessa del nuovo Piano Regionale dei Trasporti (un piano processo di lungo periodo, che raccoglie la sfida di governare la mobilità regionale del futuro).

Se sul fronte dell'inquadramento prospettico dello studio dei determinanti di trasporto esiste una letteratura ormai consolidata (Bernardino et al, 2015, De Bruijne, et al., 2010, Timms, Tight e Watling 2014) che può fornire riferimenti utili anche per la riflessione a livello regionale, questa è tuttavia ancora carente sul fronte dell'apprezzamento del valore della mobilità, una dimensione importante per la valutazione degli interventi di piano. A questo proposito, una riflessione sull'apprezzamento del valore della mobilità dovrebbe:

- a) tener conto dei punti di vista dei diversi soggetti artefici della mobilità (gli individui, gli operatori economici e dei trasporti, gli enti di governo); ciò costituisce un requisito indispensabile al fine della valutazione del nuovo Piano Regionale dei Trasporti;
- b) considerare il sistema dei valori che i diversi soggetti adottano nel valutare la propria situazione dei bisogni di mobilità, la cui componente strumentale, quella che sta alla base delle preferenze nelle scelte di mobilità, può variare nel corso del tempo (Doi, Kii, Nakanishi, 2008). Infatti, investigare tali preferenze e le loro modificazioni può aiutare a valutare la capacità del piano nell'abilitare processi di evoluzione dei comportamenti di mobilità, meglio adatti a rispondere ai problemi di sostenibilità nelle diverse parti del territorio regionale;
- c) declinarsi relativamente alle pratiche di azione dei piani settoriali che accompagneranno il percorso di realizzazione del Piano Regionale della Mobilità e dei Trasporti di lungo periodo.

Quanto alle osservazioni puntuali per affinare l'approccio di stima, le seguenti indicazioni possono essere avanzate, oltre a quanto già menzionato sull'opportunità di approfondire la specificazione della distanza per migliorare l'aderenza delle stime dei flussi intra-zonali ai valori osservati.

La prima riguarda la possibilità di sviluppare un percorso ad hoc di ricostruzione delle tavole di mobilità a partire dalle informazioni sulle iscrizioni e cancellazioni al lavoro raccolte, a fini istituzionali, dai centri per l'impiego. Oltre ai dati sul profilo socioeconomico dell'occupato e dell'impresa, il database istituzionale contiene anche informazioni sul luogo di residenza e di lavoro: ciò consentirebbe di aggiornare la matrice dei flussi censuaria.

La seconda indicazione concerne l'opportunità di affinare il modello esistente, ad esempio, articolandolo a livello sub-regionale. Ciò significa determinare valori specifici del parametro di impedenza della distanza, per le diverse parti della regione, in modo da coglierne meglio le caratteristiche territoriali.

Infine, non si esclude che l'approccio implementato non possa essere parte di un quadro analitico concettualmente più raffinato nel quale si riconosce agli attori che risiedono nelle zone territoriali una qualche capacità decisionale di attrarre e generare di flussi di lavoratori.

4. Bibliografia

- Acheampong R.A., Silva A.E. (2015), Land Use–Transport Interaction Modeling: A Review of the Literature and Future Research Directions. *The Journal of Transport and Land Use*. 8(3): 11–38.
- Agenzia della mobilità piemontese (2004 e 2013) Indagini IMQ. <http://mtm.torino.it/it/dati-statistiche>.
- Anderson, B. (2010). Preemption, precaution, preparedness: Anticipatory action and future geographies. *Progress in Human Geograph*, Vol. 34(6): 777–798.
- Bernardino, J., Aggelakakis, A., Reichenbach, M., Vieira J., Boile M., Schippl, j., Christidis P., Papanikolaou A., Condeco A., Garcia H., Krail H. (2015), Transport demand evolution in Europe – factors of change, scenarios and challenges. *European Journal of Futures Research*, 3 (13):1-13.
- Debyseru A. (2014), *Urban mobility: Shifting towards sustainable transport systems*. European Parliament Research Service [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_IDA\(2014\)538224](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_IDA(2014)538224).
- Doi K., Kii M., Nakanishi H. (2008), An integrated method of accessibility, quality of life, and social interaction. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35:1098-1116.
- Dovey Fishmant T. (2012), *Digital-age transportation: the future of urban mobility*, Deloitte University Press. <http://www.enterrasolutions.com/media/docs/2013/07/Digital-Age-TRANSPORTATION.pdf>.
- De Bruijne M., van de Riet O., de Haan A., and Koppenjan J. (2010), Dealing with Dilemma's: How can Experiments Contribute to a More Sustainable Mobility System?, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 3: 274-289.
- European Parliament. (2014) Urban Mobility. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2014/538224/EPRS_IDA\(2014\)538224_REV1_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2014/538224/EPRS_IDA(2014)538224_REV1_EN.pdf).
- Givoni M. (2014), Addressing Transport Policy Challenges Through Policy Packaging. *Transportation Research* 60:1-8.
- Graham S., Patsy H. (1999), Relational concepts of space and place: Issues for planning theory and practice, *European Planning Studies*, 7(5): 623 -646.
- Kristensen N.B., Nielsen T.A.S., Gudmundsson H., Meza M. J. F., Haustein S, Møller M, Christensen L., Knudsen M.A., Pons R., Gabriel A., Grunfelder J., Mulalic I., Pilegaard N., Madsen E., Abate M., Kveiborg O. (2014), *Drivers and limits for transport*. DTU Transport, Department of Transport, Lyngby, Denmark. http://orbit.dtu.dk/files/97130111/Drivers_and_limits_for_transport.pdf.
- Landini S., Occelli S. (2016a) *La mobilità quotidiana e per cura negli ambiti di integrazione territoriale del Piemonte*. http://www.ires.piemonte.it/reset/RESET2016_A4/RESET2016_cap3.1.pdf.
- Landini S., Occelli S. (2016b) Una stima dei flussi di pendolarità casa lavoro in Piemonte, Studi sulla mobilità 1, Ires, Torino (mimeo).
- Landini S., Occelli S. (2016c), Mobility Flow Estimates at Sub-Regional level: an Application to Piedmont, paper presented at the *9th International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning (INPUT)*, Turin 14-15 September.
- Litman T. (2006), *Changing Travel Demand: Implications for Transport Planning*. *ITE Journal*. 76(9): 27-33.
- Litman T., Burwell T. (2006), Issues in Sustainable Transportation, *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(4): 331–347.
- Lord S., Negron-Poblete P. and Juan Torres J. eds. (2015), *Mobilité et Exclusion, Quelle relations?*. Les Presses de l'Université Laval, Canada.
- Manyika A.J., Bughin J., Susan Lund S., Nottebohm O., Poulter D., Jauch S., Ramaswamy S. (2014), *Global flows in a digital age*. McKinsey Global Institute. http://www.mckinsey.com/insights/globalization/global_flows_in_a_digital_age.

- Mitchell W.J, Borroni-Bird C.E. and Burns BURNS L.D. (2010), *Reinventing the Automobile, Personal Urban Mobility for the 21st Century*. MIT, Cambridge, Ma.
- Occelli S. and Sciullo A.(2015a), *Uno sguardo ai cambiamenti della mobilità (quotidiana) in Piemonte tra passato e futuro*, http://www.ires.piemonte.it/reset/RESET2014_A4/RESET2014_cap3.1.pdf.
- Occelli S. and Sciullo A..(2015b), Leveraging ICT for Mobility Future in a Region in Transition: the Case of Piedmont. *NETCOM Journal*, 29(1-2) : 55-78. <https://netcom.revues.org/1860>.
- Polyzos S., Tsiotas D., Minetos D. (2013), Determining the Driving Factors of Commuting: An Empirical Analysis from Greece. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 6 (3): 46 -5 <http://www.prd.uth.gr/uploads/publications/2013/7f20e656f4da760ae45938e0599f058a4b2aabd8.pdf>
- Regione Piemonte (2016) Piano Regionale della Mobilità e dei Trasporti. http://www.regione.piemonte.it/trasporti/piano_regionale.htm.
- Shuldiner A., Shuldiner P.W. (2013), The Measure of all Things: Reflections on Changing Conceptions of the Individual in Travel Demand Modelling. *Transportation*, 40: 1117-1134.
- Timms P., Tight M., Watling D. (2014), Imagineering Mobility: Constructing Utopias for Future Urban Transport. *Environment and Planning A* .46(1): 78 – 93.
- UNECE (2012), *Intelligent Transport Systems (ITS) for sustainable mobility*, La fiaccola, Carugate, Italy.
- Wilson A. (1967), A Statistical Theory of Spatial Distribution Models. *Transportation Research* 1: 253-269.
- Wilson A. (1968), *The Use of Entropy Maximising Models in the Theory of Trip Distribution-Mode Split and Route Split*". London: Centre for Environmental Studies.
- Wilson A.G. (1971) A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning*, volume 3, 1-32.
- Wilson, A. G.(1998). Land-Use/Transport Interaction Models: Past and Future. *Journal of Transport Economics and Policy*, 32(1), 3-26.

Abstract

This study presents a model application for estimating yearly journeys-to-work at sub-regional level. It builds upon the classic approach to spatial interaction modeling pioneered by Wilson more than forty years ago. The study involves 186 zones and is concerned with mobility estimates over a relatively long time period, between 2001 and 2020. The work is part of the research activities currently undertaken at IRES Piemonte to support the implementation of the new Mobility and Transport Regional Plan.

The paper has two main parts. The first discusses the methodological framework used to (a) reconstruct the annual mobility tables from 2001 to 2013 and (b) estimate a time series of such tables from 2014 to 2020. First, the approach used to extrapolate the marginal totals of the post-2013 mobility tables is described. Then a novel approach to empirically estimate the parameter of distance impedance is proposed. This uses an econometric approach which exploits data drawn from accredited demographic and socioeconomic scenarios for the Piedmont region.

The second part, illustrates some results of the model application. Two socio-demographic hypotheses for the 2014-2020 evolution trends of the mobility tables are investigated and their results compared. The first is based on the ISTAT long term population forecasting. Besides the latter, the second also takes into account the local changes in the labor market.

Some suggestions about the model future applications and its refinements to be of assistance in transportation policy activity and mobility analysis conclude.