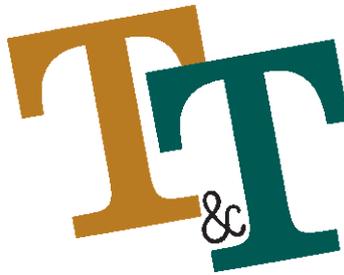




Centro per lo Sviluppo
del Polo di Piacenza



TRASPORTI & TERRITORIO
Scienze, Tecnologie, Politiche per la mobilità

SOCI
FONDATORI



Direttore responsabile

prof. ing. Enrico Chiesa

Comitato di Redazione

prof. arch. Sandra Bonfiglioli, dr. ing. Roberto Maja,
prof. ing. Renato Manigrasso, prof. ing. Claudio
Podestà, prof. arch. Marco Ponti, prof. ing. Giovanni
Da Rios, prof. ing. Dario Zaninelli

Comitato dei Referees

prof. Angela Bergantino, prof. Andrea Boitani,
prof. ing. Agostino Cappelli, prof. arch. Alessandro
Fubini, prof. ing. Domenico Gattuso,
prof. ing. Marino Lupi, prof. ing. Gabriele Malvasi,
prof. arch. Maria Rosa Vittadini

Comitato di Consulenza

dr. ing. Marco Barra Caracciolo, dr. ing. Mauro
Moretti, dr. ing. Maurizio Fantini,
dr. ing. Alberto Zorzan

Redazione e Amministrazione

Politecnico di Milano
Centro per lo Sviluppo del Polo di Piacenza
Via Scalabrini, 76 - 29100 Piacenza
Tel. 02 23996819 - Fax 02 23996837
e-mail: rivista.t&t@polimi.it

Edizione e redazione editoriale

Eupalino Srl
Sede legale: Via B. Eustachi, 22 - 20129 Milano
Uffici: Via Francesco Rezzonico, 2 - 20135 Milano
Direttore Editoriale: Francesco Vecchi
Tel. 02 36510045 - Fax 02 36510046
e-mail: eupalino@fastwebnet.it

Abbonamenti

Gli abbonamenti vanno indirizzati a:
Eupalino Srl - Via F. Rezzonico n. 2 - 20135 Milano,
versando il corrispettivo sul
c/c postale numero 54079702 intestato a Eupalino srl

Tariffa abbonamenti

Italia: Euro 35,00 (Un numero Euro 10,00 -
Fascicoli arretrati Euro 15,00) - Estero: Euro 55,00
Per studenti: Abbonamento Euro 20,00

ISSN 1723-7432

La pubblicazione o ristampa degli articoli della
rivista deve essere autorizzata per iscritto della
Direzione.

Registrazione del Tribunale di Milano

N. 355 del 23 maggio 1988

Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003

(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DCB Milano

Finito di stampare nel mese di Dicembre 2008 da

AD Print S.r.l. - Via dell'Artigianato, 7

23875 Osnago - LC

Questa rivista è stata inviata tramite abbonamento:
l'indirizzo in nostro possesso verrà utilizzato per l'invio
di questa e altre riviste o per l'inoltro di proposte di
abbonamento. Ai sensi della legge n. 675/96 è nel diritto
del ricevente richiedere la cessazione dell'invio e/o
l'aggiornamento dei dati in nostro possesso.

SOMMARIO

Anno 21 - Numeri 3 e 4 - Dicembre 2008

100 Un modello sintetico per il dimensionamento dei servizi minimi di trasporto comunale

A synthetic model to assess the minimum municipal transit service

Umberto Petruccelli, *Università della Basilicata - Dapit*
Diego Fabrizio, *Dottore di ricerca - Università della Basilicata*

111 Stime di capacità dei rami di intersezioni a rotatoria. Analisi sperimentali e valutazioni mediante modelli

*Roundabout capacity evaluations. Experimental analysis
and model estimates*

Massimiliano Gastaldi e Riccardo Rossi,
Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Costruzioni e Trasporti

123 Autostrade del Mare ed autotrasporto: driver di sviluppo e sinergie nel mercato italiano

*Motorways of the Sea and road haulage transport: development
drivers and synergies in the Italian market*

Andrea Tedeschi, *Università Commerciale Luigi Bocconi, Milano -
CERTeT - Centro di Ricerca in Economia Regionale, dei Trasporti e del Turismo,*

133 Un costo di riferimento per i servizi di trasporto pubblico urbano A reference cost for urban public transit services

Umberto Petruccelli e Diego Fabrizio, *Università della Basilicata - DAPIT*

147 Analisi del mercato dei velivoli e dei fattori che influenzano la scelta Analysis of the factors affecting the choice in the aeronautical market

Pietro Zito e Luigi La Franca, *Università degli studi di Palermo Dipartimento di
Ingegneria dei Trasporti - DITRA*

154 La valutazione economica del tunnel di base del Brennero Analysis of the factors affecting the choice in the aeronautical market

Raffaele Grimaldi, *Politecnico di Milano*

159 Traffico merci transalpino. Analisi di capacità, ripartizione modale e scenari d'intervento Analysis of the factors affecting the choice in the aeronautical market

Stefano Caglia Ferro, *Politecnico di Milano*

-
- 165 Sistemi innovativi per la mobilità urbana:
il Personal Automated Transport a servizio misto**
*Analysis of the factors affecting the choice
in the aeronautical market*
Antonio Danesi, Chiara Lepori, Marino Lupi, Federico Rupi, Joerg Schweizer,
Università di Bologna - DISTART
-
- 173 A before-after analysis of urban area accessibility
related to the construction of an underground station**
*Un'analisi prima-dopo dell'accessibilità di un'area urbana
in seguito alla costruzione di una stazione della metropolitana*
Jonathan Monti, Università degli Studi "Mediterranea" - DIMET
Lorenzo Mussone, Politecnico di Milano - BEST
-
- 180 Gli impatti degli alti prezzi del petrolio sul settore trasporto merci**
*Freight traffic across the Alps. Analysis of capacity, modal split
and possible scenarios*
Angelo Martino, TRT Trasporti e Territorio, professore a contratto Politecnico di
Milano e Giuseppe Casamassima e Cosimo Chiffi, TRT Trasporti e Territorio
-
- 187 La magnetizzazione delle piste aeroportuali**
The magnetization of airport runways
Susanna Lambrugo e Federico Fiori, Politecnico di Milano, DIAR Sezione
Infrastrutture Viarie
-
- 192 Il dimensionamento delle sottostazioni per la trazione elettrica:
proposta di un nuovo software di simulazione**
*The sizing of the electric traction substation:
proposal of a new simulation software*
Morris Brenna, Federica Foadelli e Dario Zaninelli, Politecnico di Milano -
Dipartimento di Energia
-

Trasporti & Territorio festeggia quest'anno il suo ventesimo compleanno. Durante la sua esistenza la nostra rivista, che, non dobbiamo dimenticarlo, non è finanziata da proventi pubblicitari ma dagli abbonamenti e soprattutto dai contributi che riceve dai benemeriti soci fondatori, ha superato non poche traversie e ha sempre costituito un punto di riferimento per la comunità accademica e per il mondo variegato delle istituzioni e degli operatori del settore.

Non è stato facile conciliare queste due anime. Quella universitaria è orientata agli aspetti scientifici, con particolare attenzione all'ingegneria dei sistemi di trasporto, ed esige un'opera di selezione dei contributi da parte del Comitato dei Referee, quella rivolta agli operatori e alle istituzioni deve privilegiare gli aspetti applicativi ed è aperta a ogni contributo, purché di fattura qualitativamente elevata.

Questa doppia personalità si accompagna alla tendenziale ecletticità dei contenuti. I trasporti e il territorio sono temi tipicamente trasversali che si conciliano bene con il taglio pluridisciplinare che ha sempre caratterizzato la politica editoriale della rivista e che può spaziare dalla politica dei trasporti alla progettualità di dettaglio, dalla pianificazione all'esercizio, dalle tematiche modali all'intermodalità, dall'approccio sistemico a quello orientato ai singoli componenti.

Il Comitato di Redazione intende continuare a ispirarsi a questa tradizione, ma con due novità rilevanti. Il primo elemento di novità riguarda le modalità di pubblicazione della rivista; rinunciando alla stampa cartacea e affidandosi a Internet come supporto alla diffusione è possibile non soltanto, a parità di oneri, raggiungere un numero di lettori molto più elevato, ma anche specializzare i contenuti in funzione delle loro aspettative. Il secondo elemento riguarda il ruolo e l'autorevolezza della rivista nei riguardi dell'ambiente scientifico internazionale. Affinché essa possa rimanere un punto di riferimento in Italia e ambire ad assumere un ruolo rilevante al di fuori di essa è necessario soddisfare almeno tre condizioni: la pubblicazione degli articoli scientifici in inglese, la selezione dei contributi da parte di un Comitato dei Referee la cui autorevolezza sia riconosciuta e la diffusione internazionale. Questi tre obiettivi sono molto ambiziosi e non facili da ottenere, ma rappresentano un obbligo ineludibile.

Valutando le opzioni e le condizioni sopra espresse, le decisioni sull'avvenire di Trasporti & Territorio sono abbastanza scontate: il futuro non può che essere "telematico". Il Comitato di Redazione ha quindi scelto di intraprendere questa nuova avventura affidandosi alla stampa "virtuale" in sostituzione di quella cartacea. Questa opzione permetterà non soltanto di alleggerire l'onere gestionale, ma anche di assecondare le due "anime": sarà possibile mantenere la diffusione nazionale degli articoli orientati agli aspetti applicativi e affrontare il confronto internazionale con l'obiettivo ambizioso di fornire agli autori l'opportunità di ottenere referenze e credenziali scientifiche.

Il momento appare favorevole. Inoltre sembra che l'attenzione per queste iniziative si estenda oggi a una più vasta comunità scientifica del Politecnico, che trova nei Trasporti e nel Territorio uno dei propri ambiti di interesse culturale.

Essendo questa anche l'occasione più propizia per trarre un bilancio degli ultimi anni, è doveroso esprimere la riconoscenza più sincera all'Editore Eupalino per la competenza e la generosità con le quali ha sostenuto la nostra rivista. Confidiamo che la collaborazione possa proseguire anche nei prossimi anni.

Il Comitato di Redazione

Un modello sintetico per il dimensionamento dei servizi minimi di trasporto comunale

A synthetic model to assess the minimum municipal transit service

Umberto Petruccelli, *Università della Basilicata - Dapit*

Diego Fabrizio, *Dottore di ricerca – Università della Basilicata*

Lo studio indaga sulle relazioni fra necessità di trasporto pubblico comunale e caratteristiche del territorio servito, sviluppando un modello sintetico di uso generale per stimare le percorrenze del servizio. Il data-base costruito per condurre le elaborazioni comprende 157 comuni titolari di contributo di esercizio per il trasporto pubblico di propria competenza, ricadenti in 4 diverse regioni italiane. La scelta delle variabili indipendenti del modello ha tratto spunto dalla letteratura internazionale sul tema ed ha comportato l'analisi di ciascuna di esse presa singolarmente ed una verifica di inferenza statistica con i test di Fisher e di Student; il rischio di multicollinearità fra le variabili indipendenti selezionate è stato valutato con il Variance inflationary factor. La calibrazione è stata svolta con regressioni multiple di grado via via superiore finché non si è riscontrata l'assenza di aggregazione dei residui. Dopo una introduzione che illustra la valenza del tema ed uno stato dell'arte finalizzato tra l'altro ad individuare le principali variabili che influenzano il fenomeno, i successivi paragrafi trattano rispettivamente della selezione delle variabili significative e della costruzione e calibrazione del modello; l'ultimo paragrafo discute i risultati raggiunti e le ricadute applicative.

The research examines the relationship between the municipality transit demands and the country attributes and builds a generally expendable synthetic model to assess the public transit haul.

The data-base effected to support the data processing includes 157 public transit subsidy recipient municipalities located in 4 different Italian regions.

The selection of the model independent variables is been marked by the international literature on the topic and it has required the analysis of each variable and a verify of statistical inference by the Fisher and Student tests; we have also assess the risk of collinearity among the selected independent variables by the Variance inflationary factor. The calibration was made by multiple regressions with a growing grade (linear, quadratic, cubic and so on) until remains appeared not-aggregable.

After an introduction that explains the topic relevance and a state-of-the-art aimed also to identify the most important variables affecting the phenomenon, the following sections deal with the selection of the significant variables and the model building and calibration respectively; the last section discusses the results and the applicative spin-off.

L'ambito è la programmazione del trasporto pubblico locale che, come è noto, è regolamentata dal D. Lgs.vo 422/97 e dalle relative norme regionali di attuazione

Passo fondamentale del processo di programmazione è la quantificazione dei servizi minimi, definiti dal Decreto in questione come quei servizi qualitativamente e quantitativamente sufficienti a soddisfare la domanda di mobilità dei cittadini e i cui costi sono a carico del bilancio delle regioni (art. 16 comma 1). L'importanza di tale passo risiede evidentemente nel fatto che dalle percorrenze individuate come servizi minimi e dal costo unitario riconosciuto per gli stessi scaturisce la ripartizione delle risorse regionali stanziare per l'esercizio del trasporto pubblico locale di interesse regionale, provinciale e comunale.

La ripartizione del contributo fra le province per i servizi di competenza di queste ultime risulta generalmente abbastanza semplice per effetto del loro limitato numero nell'ambito di ciascuna regione e pertanto questa operazione viene svolta generalmente sulla base della ripartizione storica.

Molto più complessa appare la ripartizione delle risorse fra i comuni, atteso il grande numero di questi ultimi e le differenti dimensioni e funzioni che ad essi competono nell'ambito del territorio provinciale e regionale e delle quali è necessario tener conto nella quantificazione dei servizi minimi di competenza. In particolare per quanto attiene questi ultimi, le regioni individuano, generalmente in base alla popolazione, i comuni che hanno diritto al contributo di esercizio e ripartiscono fra questi le risorse disponibili

avvalendosi di criteri diversi che in prevalenza si rifanno a meccanismi basati sul riconoscimento di esigenze consolidate e solo talvolta su parametri ascrivibili genericamente alle dimensioni insediative e al ruolo territoriale svolto da ciascun comune.

In tale contesto assume grande importanza la possibilità di disporre di uno strumento in grado di quantificare tali servizi minimi sulla base di parametri sintetici caratterizzanti le esigenze di trasporto pubblico di ciascun comune. È evidente altresì che tali parametri devono essere facilmente ed univocamente misurabili ed evolvere nel tempo con sufficiente lentezza da garantire una sostanziale stabilità per alcuni anni della quantità di servizi minimi calcolata.

Come approfondito più avanti nel capitolo dedicato allo stato dell'arte, non esiste in letteratura alcun tentativo di costruzione di uno strumento del genere e ciò trova probabilmente motivazione in una differenza sostanziale dei meccanismi di sovvenzione del trasporto pubblico locale negli altri stati dell'EU e negli stati extra EU e nella preferenza accordata dalle amministrazioni regionali in Italia a criteri di riparto che privilegiano la contrattazione fra gli enti interessati piuttosto che l'utilizzo di uno strumento in grado di quantificare le effettive esigenze minime di trasporto pubblico di ciascun comune. Peraltro assolutamente carente è la letteratura del settore nel definire relazioni quantitative fra le esigenze di trasporto pubblico ed alcune variabili sintetiche che su di essa influiscono.

Il lavoro di seguito presentato ha consentito di costruire un modello di uso generale per la quantificazione dei servizi minimi di trasporto pubblico di interesse comunale che può essere utilizzato proficuamente come strumento per la ripartizione del contributo regionale per l'esercizio del trasporto pubblico comunale fra i comuni aventi diritto.

Stato dell'arte

L'analisi critica della letteratura scientifica internazionale è stata indirizzata alla verifica di quanto prodotto fino ad oggi sul tema delle interrelazioni fra caratteristiche del territorio e necessità di mobilità e finalizzata alla individuazione delle variabili significative ai fini della interpretazione delle relazioni.

Il rapporto fra territorio e mobilità è complesso e di difficile formalizzazione. La ricerca di precise relazioni quantitative fra tali sistemi è ulteriormente complicata dalla stretta associazione esistente fra il primo e fattori socio-economici differenti in grado di influenzare sensibilmente il secondo (Stead et al., 2001).

Gli schemi di uso del territorio sono di difficile quantificazione anche in quanto risultato dell'interazione di molte cause storiche. In proposito Boarnet e Crane (2001) hanno trovato che le relazioni rilevate tra uso del territorio e trasporti sono molto sensibili alla scelta della metodologia di misura.

L'influenza della dimensione dell'insediamento in termini di popolazione è stata esaminata da ECOTEC (1993) e da Balcombe (2004). Entrambi hanno rilevato che con il

crescere della dimensione insediativa il numero di viaggi in autobus aumenta ma la lunghezza media degli stessi diminuisce, evidenziando tra l'altro il primo una relazione più che lineare; per i viaggi in treno non è stato possibile individuare alcuna precisa tendenza.

Per quanto attiene l'effetto del parametro densità insediativa, ci si può aspettare che, al crescere di quest'ultima, il numero di viaggi fatti per persona sul trasporto pubblico aumenti mentre la lunghezza media dei viaggi diminuisca. Ciò è confermato da uno studio del Dipartimento dei Trasporti della Gran Bretagna (Department of Transport, 2002) che riporta in apposite tabelle il numero e la lunghezza degli spostamenti effettuati con i diversi mezzi di trasporto ed a piedi per intervalli definiti della densità insediativa. Si evidenzia che l'uso dell'autobus e della ferrovia aumenta con la densità. Anche gli spostamenti a piedi crescono con la densità mentre l'uso dell'automobile si riduce. Van Diepen (2000) ha ottenuto risultati simili anche in Olanda. Frank e Pivo (1994) hanno dimostrato che un'alta densità di popolazione e di addetti, favorisce un incremento dell'uso del trasporto pubblico negli spostamenti per lavoro e acquisti.

Tutti questi effetti prodotti dall'aumento proporzionale della densità di popolazione e di addetti assumono che le aree interessate si trovino ad una ragionevole vicinanza da un'offerta di trasporto pubblico. D'altra parte un maggior numero di spostamenti può dar luogo a maggiori livelli di congestione che possono rallentare anche il trasporto pubblico e scoraggiarne l'uso.

Fra i risultati del rapporto ECOTEC (1993) è emerso inoltre che, in presenza di alte densità, lunghezze minori degli spostamenti possono produrre una diminuzione dell'utenza del trasporto pubblico ed un aumento del numero di spostamenti a piedi che tuttavia, diversamente da quanto accade per la contrazione dell'uso del trasporto pubblico, non è sensibile all'indice di motorizzazione e alle caratteristiche occupazionali dell'area.

Un problema più importante quando si analizza l'effetto della densità sui parametri del viaggio è l'alto grado di associazione fra densità, caratteristiche socio-economiche (compreso il reddito), offerta e tariffe del trasporto pubblico, possesso dell'auto. Per esempio Fouchier (1997) ha trovato una relazione fra il possesso dell'auto e la cosiddetta "densità umana netta" (popolazione + addetti / superficie urbana) per la regione di Parigi. In particolare egli ha ottenuto una correlazione fra densità e residenti non motorizzati più forte di quella fra densità e livello medio di motorizzazione nella regione.

Breheeny (1995) ha determinato che la classe sociale ed il possesso dell'auto spiegano facilmente variazioni fra densità e uso del trasporto pubblico. Utilizzando i dati sui viaggi per lavoro tratti dal Censimento della Popolazione del 1991 (del Regno Unito) ha messo a confronto, per la metropoli di Londra, la densità e l'uso del trasporto pubblico mettendo in luce una certa correlazione ($R^2=0,52$) fra densità insediativa e uso del trasporto pubblico (autobus e treno) per i viaggi di lavoro. Tale correlazione migliora ($R^2=0,56$) tenendo conto delle classi sociali ma non è genera-

lizzabile dal momento che la stessa relazione non è risultata verificata per una selezione di paesi nella rimanente parte del Sud-Est ($R^2 = 0,11$).

Una ulteriore complicazione nasce dal fatto che la relazione fra densità e uso del trasporto pubblico varia considerevolmente a seconda della porzione di territorio su cui la densità è misurata. Per esempio Stead (2001) ha analizzato le relazioni fra distanza degli spostamenti, caratteristiche di uso del territorio e caratteristiche socio-economiche usando un numero di differenti set di dati forniti dal National Travel Survey, non rilevando tuttavia nessun legame evidente tra distanza del viaggio e densità della popolazione comunale. Egli ha invece trovato un legame tra il livello di densità di quartiere e la distanza media degli spostamenti notando che i residenti di quartieri a bassa densità si spostano a maggiori distanze rispetto ai residenti della maggior parte degli altri quartieri.

L'effetto delle caratteristiche insediative del territorio su un particolare viaggio dipende dalla rigidità di parametri ad esso connessi, quali l'ora di inizio/fine, il modo, il percorso e la destinazione e dalla elasticità della funzione di domanda dello spostamento rispetto al prezzo, nonché da quanto esso è o può essere legato ad un altro viaggio. Maat (1999) sostiene che l'uso del territorio ha maggiore effetto sulla variazione degli spostamenti e sui viaggi per gli acquisti locali. Boarnet e Greenwald (2000) hanno trovato che, negli spostamenti per motivi diversi dal lavoro, l'uso del territorio influenza la distanza percorsa più che il numero degli viaggi effettuati.

La combinazione della presenza nelle stesse zone di residenti, addetti, e attività dà ai residenti l'opportunità di lavorare e condurre altre attività in ambito locale senza doversi spostare e, se la zona è opportunamente servita da nodi del trasporto pubblico, può contribuire a migliorare l'attrattività del trasporto pubblico. Simmonds e Coombe (2001), da un esercizio che utilizza il modello di trasporto messo a punto da MVA per l'area di Bristol, hanno rilevato che lo sviluppo residenziale in prossimità dei nodi di trasporto e vicino al centro cittadino incrementa del 29% il numero di viaggi con il trasporto pubblico rispetto a quanto ottenuto dalla simulazione degli effetti delle stesse politiche di trasporto applicate alla città compatta.

Masnavi (2001) ha messo a confronto quattro agglomerati nel West Scotland con residenti di caratteristiche socio-economiche simili, due a destinazione d'uso residenziale (con differenti densità insediative) e due a destinazione d'uso mista (sempre con densità notevolmente diverse tra loro) rilevando per i due agglomerati ad alta densità piccole differenze nell'uso del trasporto pubblico tra l'agglomerato ad uso misto e quello ad uso specifico e differenze più accentuate fra i due agglomerati a bassa densità.

Anche Van e Senior (2001) hanno studiato l'effetto degli insediamenti con uso promiscuo sui comportamenti di viaggio, confrontando tre aree di Cardiff con popolazione e densità simili ma con profili socio-economici fortemente diversificati e differente livello di caratterizzazione della tipologia insediativa ed hanno trovato che l'uso dell'auto per gli spostamenti pendolari diminuisce all'aumen-

tare della promiscuità d'uso del territorio, ma relativamente all'autobus non si manifesta l'effetto opposto. Il fenomeno è stato spiegato con il trasferimento di molti spostamenti in auto verso i modi non motorizzati.

Il livello di centralizzazione degli addetti e dei servizi influenza anche il comportamento di viaggio: un più alto grado di centralizzazione incoraggia l'uso del trasporto pubblico e riduce l'uso della macchina; le localizzazioni periferiche tendono ad essere più dipendenti dall'automobile (Balcombe 2004). Comunque ciò è distorto da un numero di altre variabili parzialmente collegate, come la struttura occupazionale e la disponibilità di spazi di parcheggio (ECOTEC, 1993).

Un'analisi effettuata da una società nell'Hague (Paesi Bassi), precedentemente e successivamente al cambio di ubicazione della propria sede verso un sito con una elevata accessibilità con il trasporto pubblico, ha fatto rilevare un incremento dal 25% al 57% dei dipendenti che viaggiano in treno e dal 9% al 20% di quelli che viaggiano in autobus o in tram (Banister e Marshall, 2000).

Un esperimento di modellizzazione portato avanti da Simmonds e Combe (2001) a Bristol ha evidenziato che concentrazioni di addetti nell'area centrale della città meglio serviti dal trasporto pubblico incrementano il numero di spostamenti del 17% rispetto a uno scenario di città compatta che non specializza particolari ubicazioni per aumentare la densità di addetti e residenti. L'uso dell'autobus e del treno diminuisce leggermente, mentre l'uso di sistemi di metropolitana leggera aumenta in modo sostanziale in entrambi gli scenari.

Anche la forma urbana sembra incidere sulle caratteristiche della domanda di trasporto e per studiarne l'influenza è necessario innanzitutto schematizzare le numerose forme possibili in un ristretto numero di tipologie.

Newton (2001) identifica un numero di tipologie di geometrie urbane che includono città compatte, disperse, tagliate, a corridoio e a frangia. La città compatta è generalmente identificata con la forma urbana monocentrica tradizionale che si riscontra comunemente in Europa, con un'area di affari centrale ad alta densità circondata da un'area residenziale la cui densità decresce allontanandosi dal centro. A questa forma è associata generalmente una rete di trasporto prevalentemente radiale che di solito conferisce al trasporto pubblico convenzionale una buona attrattività conseguente alla combinazione delle alte densità e di flussi dominanti bidirezionali. Comunque la forma compatta diminuisce anche le distanze richieste per raggiungere i servizi, quindi aumenta la probabilità che la scelta del mezzo ricada su modi non motorizzati in dipendenza della dimensione dell'insediamento.

Simmonds e Coombe (2001) hanno confrontato le politiche di trasporto applicate alla città compatta con quelle applicate in presenza di tendenza alla dispersione nel modello di trasporto dell'area di Bristol. Essi hanno trovato che la forma di città compatta ha condotto ad un lieve incremento (< 3%) dei passeggeri del trasporto pubblico e ad una leggera riduzione della pedonalità e dell'uso dell'auto. Sono state proposte alternative alla città compatta

Tabella 1 - Influenza del territorio urbano sulla domanda di trasporto

Caratteristiche del Territorio		Caratteristiche della domanda di trasporto
Dimensioni insediative	→	Lunghezza degli spostamenti Ripartizione modale
Densità di residenti, attività e addetti	→	Lunghezza e frequenza degli spostamenti
Promiscuità d'uso	→	Lunghezza e frequenza degli spostamenti Ripartizione modale
Forma dell'area urbana	→	Lunghezza degli spostamenti

monocentrica, per esempio la città policentrica e una concentrazione di agglomerati urbani, che potrebbero dar luogo a molti vantaggi per la mobilità.

Murto (2000) ha rilevato che l'effetto, sulla ripartizione modale, di differenti tipologie di politiche di sviluppo della città è lieve. Egli ha simulato, per la regione di Tempere, i probabili effetti sui parametri degli spostamenti di tre differenti politiche di uso del territorio:

- 1) Una politica di espansione e concentrazione urbana, con due terzi della crescita della popolazione della regione ubicata nella comunità di Tempere e la rimanente parte distribuita tra le comunità più piccole.
- 2) Lo sviluppo del corridoio di trasporto con residenti e addetti ubicati vicino alle stazioni ferroviarie o alle linee di autobus.
- 3) L'insediamento di un numero di frazioni nella parte rurale della regione, ciascuna contenente servizi di base e alcuni addetti.

Usando un modello di traffico basato su EMME/2, Murto ha rilevato che l'effetto delle tre opzioni di politica sulla ripartizione modale è lieve.

In conclusione, pur rimanendo molto complessa e non ancora sufficientemente conosciuta la relazione fra caratteristiche urbane e mobilità, è possibile puntualizzarne alcuni aspetti ad oggi verificati dalla ricerca internazionale (Balcombe, 2004).

■ Più alta è la densità di una città, maggiore è la domanda di trasporto pubblico in termini di relazioni ma più breve è la lunghezza dello spostamento. Inoltre poiché le tipologie insediative ad elevata densità sono prevalentemente occupate da popolazione con livelli di reddito più bassi e conseguentemente con tassi di motorizzazione più contenuti, è presumibile che una parte dell'effetto della densità sulla domanda di trasporto pubblico sia dovuta al reddito e al possesso dell'auto.

■ La dimensione dell'insediamento, la forma urbana e la combinazione degli usi del territorio influiscono tutti sull'utilizzo del trasporto pubblico sebbene sia difficile stabilire la precisa natura di queste relazioni.

■ Il decentramento delle funzioni e dei servizi urbani tende a ridurre la domanda di trasporto pubblico a favore di quello privato.

La tabella n. 1 schematizza qualitativamente le relazioni fra territorio e mobilità verificate in letteratura facendo

corrispondere, alle caratteristiche del primo, quelle della domanda di trasporto che ne sono influenzate.

È comunque da evidenziare che ad oggi non esistono modelli che descrivano in modo quantitativo l'influenza delle caratteristiche del territorio sulla domanda di trasporto.

Poiché le caratteristiche del territorio che influiscono sulla mobilità sono espresse attraverso variabili quali numero e distribuzione nell'area urbana di residenti, di presenti e di addetti, superficie e reddito dei residenti e/o relativo tasso di motorizzazione, è necessario partire da queste variabili nella costruzione di un modello in grado di riprodurre la necessità di servizi minimi di trasporto pubblico comunale espressa in termini di percorrenze annue (vetturexkm/anno).

Metodologia e base dati

Le variabili studiate per la costruzione del modello di dimensionamento dei servizi di trasporto pubblico urbano sono state scelte tenendo conto del tipo di servizi da quantificare e delle condizioni ricorrenti in cui essi sono offerti. Si sono considerati infatti i servizi di interesse comunale svolti prevalentemente all'interno dei centri urbani di ciascun comune con veicoli collettivi su gomma e che di solito rispondono, sia alla domanda interna al comune sia a quella in penetrazione.

Pertanto si sono prese in esame le variabili che la ricerca internazionale fino ad oggi sviluppata ha dimostrato essere significative delle esigenze della mobilità di ambito comunale servite dal trasporto pubblico. Tra queste la *densità urbana*, che riveste un ruolo fondamentale, è stata esaminata in forma esplicita attraverso i parametri che la determinano (popolazione, addetti al terziario, estensione urbana) al fine di rilevare il contributo di ognuno di essi alla descrizione complessiva del fenomeno.

D'altronde le esigenze di mobilità urbana discendono direttamente dai fenomeni di generazione degli spostamenti (riconducibili ai caratteri demografici del territorio) e di attrazione degli stessi (conseguenza del tessuto economico-produttivo), nonché alla estensione della rete e dei percorsi che è proporzionale alla dimensione geografica dei centri. Relativamente al fenomeno della generazione degli spostamenti, pur riconoscendo intuitivamente una maggiore significatività della variabile *popolazione presente* rispetto alla *popolazione residente* si è ritenuto più opportuno utilizzare quest'ultima che può contare su un aggiornamento annuale; peraltro la capacità attrattiva degli spostamenti, indirettamente rappresentata dalla popolazione presente, è comunque espressa in modo certamente più immediato dalla variabile *addetti al terziario* (dei settori ATECO G, H, J, L, M, N, O ISTAT - somma degli addetti alle imprese e degli addetti alle unità locali), variabile presa in considerazione proprio per tener conto del numero di spostamenti interni ed in penetrazione che hanno destinazione nell'ambito di ciascun comune. Infine la variabile *estensione del centro urbano* influenza sensibilmente la lunghezza degli spostamenti all'interno della città, cioè quelli che possono essere serviti

Tabella 2 - Sintesi dell'analisi statistica per la regione Basilicata

REGIONE BASILICATA					
Variabile	Correlazione	R ² corretto	Tipo di correlazione	Significat. FISHER	Significat. STUDENT
Resid. totali	Quadratica	0,9386	Non casuale	SI	SI
Addetti ATECO G,H,I,L,M,N,O	Lineare	0,951	Non casuale	SI	SI
Estensione del centro urbano principale	Lineare	0,8756	Non casuale	SI	SI

Tabella 3 - Sintesi dell'analisi statistica per la regione Abruzzo

REGIONE ABRUZZO					
	Correlazione	R ² corretto	Tipo di correlazione	Significat. FISHER	Significat. STUDENT
Resid. totali	Lineare	0,828	Non casuale	SI	SI
Addetti ATECO G,H,I,L,M,N,O	Lineare	0,8655	Non casuale	SI	SI
Estensione del centro urbano principale	Lineare	0,6187	Non casuale	SI	SI

Tabella 4 - Sintesi dell'analisi statistica per la regione Puglia

REGIONE PUGLIA					
	Correlazione	R ² corretto	Tipo di correlazione	Significat. FISHER	Significat. STUDENT
Resid. totali	Quadratica	0,862	Non casuale	SI	SI
Addetti ATECO G,H,I,L,M,N,O	Lineare	0,7666	Non casuale	SI	SI
Estensione del centro urbano principale	Lineare	0,837	Non casuale	SI	SI

Tabella 5 - Sintesi dell'analisi statistica per la regione Marche

REGIONE MARCHE					
	Correlazione	R ² corretto	Tipo di correlazione	Significat. FISHER	Significat. STUDENT
Resid. totali	Quadratica	0,6374	Non casuale	SI	SI
Addetti ATECO G,H,I,L,M,N,O	Quadratica	0,8042	Non casuale	SI	SI
Estensione del centro urbano principale	Lineare	0,583	Non casuale	SI	SI

dal trasporto di interesse comunale che è prevalentemente svolto all'interno del perimetro urbano, e quindi l'estensione dei percorsi, fornendo una misura dell'ampiezza della rete di esercizio a parità di altre condizioni.

Le tre variabili indipendenti ritenute significative, e cioè la *popolazione residente* nel comune, gli *addetti al terziario* e l'*estensione del centro urbano principale*, sono state testate singolarmente, insieme con la variabile dipendente percorrenze annuali del trasporto pubblico comunale riferite al 2005, al fine di cogliere utili indicazioni in merito all'esistenza di un nesso causa-effetto (assenza di casualità) ed al tipo di correlazione (lineare, quadratica, logaritmica, esponenziale ecc.). Inoltre si è condotta una verifica di inferenza statistica adottando i test F (di Fisher) e T (di Student) che hanno consentito di generalizzare i risultati relativi all'interpolazione del campione a tutta la popolazione di dati.

Il data-base costruito per effettuare tali verifiche di

significatività e per costruire e calibrare il modello è relativo ai comuni delle regioni Basilicata (47), Abruzzo (38), Puglia (43) e Marche (29) che percepiscono il contributo regionale di esercizio per il trasporto pubblico di proprio interesse. La scelta delle regioni da includere nel data-base è stata dettata dalla necessità di tener conto di realtà orografiche e insediative differenti per ottenere un modello di validità generale ed individuare intervalli "accettabili" di oscillazione delle costanti di calibrazione. Nelle tabelle successive si presenta una sintesi dei risultati delle regressioni ad una variabile relative alle regioni esaminate.

Costruzione e calibrazione del modello

Nella costruzione del modello sintetico si è cercato di minimizzare il numero di variabili indipendenti necessarie per esplicitare compiutamente la risposta della variabile dipendente. Tale approccio discende dalla considerazione che le regressioni multiple con poche variabili esplicative risultano di più facile interpretazione e meno esposte al rischio di multicollinearità ossia alla presenza di più variabili indipendenti ad elevato grado di correlazione che non influiscono in modo significativo sulla variabile dipendente e che rendono più difficile comprendere l'incidenza di ciascuna di esse. Per misurare tale rischio si è fatto ricorso al *Variance inflationary factor* (VIF) adottando il *criterio di Snee* secondo cui la multicollinearità è presente per valori di $VIF > 5$.

La metodologia adottata per ottenere le formulazioni matematiche delle regressioni

multiple del modello si è ispirata alla tecnica *Best subsets* consistente nella elaborazione di tutti i modelli di regressione costruibili con le variabili scelte e nell'individuazione del modello migliore sulla base della sua capacità predittiva misurata dal coefficiente di correlazione corretto R^2_{corretto} e dalla statistica sviluppata da *Mallows* adottando il coefficiente statistico C_p con cui si misura la differenza tra il modello di regressione stimato e quello vero. In particolare quando il modello di regressione con p variabili differisce dal modello vero solo per gli errori casuali, il valore medio della statistica C_p vale $(p+1)$, pertanto si tratta di individuare quei modelli con un valore di C_p minore o uguale a $(p+1)$. Una volta individuata la "regressione migliore" tra tutte quelle ottenibili dalle variabili descrittive significative si è provveduto ad una verifica di inferenza statistica adottando i *test di Fischer e Student* e l'analisi dei residui per controllare la correttezza del tipo di legame lineare, quadratico ecc.

Tabella 6 - Sintesi della verifica statistica del modello (1)

OUTPUT RIEPILOGO						
Statistica della regressione						
R multiplo	0,918					
R al quadrato	0,843					
R al quadrato corretto	0,835					
Errore standard	402584,331					
Osservazioni	157					
ANALISI VARIANZA						
	gdl	SQ	MQ	F	Significatività F	
Regressione	2	1,34463E+14	6,723E+13	414,818	9,79116E-63	
Residuo	155	2,51215E+13	1,621E+11			
Totale	157	1,59584E+14				
Coefficients						
	Coefficienti	Errore standard	Stat t	Valore di significatività	Inferiore 95%	Superiore 95%
Intercetta	0					
Estens. del centro principale	68346,477	9261,088	7,380	9,03193E-12	50052,253	86640,702
TOT 01 addetti settori	24,169	5,249	4,604	8,57174E-06	13,799	34,538

Figura 1 - Andamento dei residui della variabile "Addetti ATECO (G,H,J, L, M,N,O)"

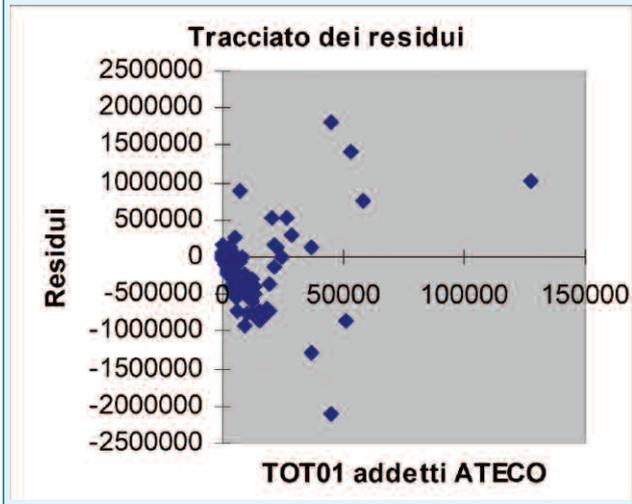
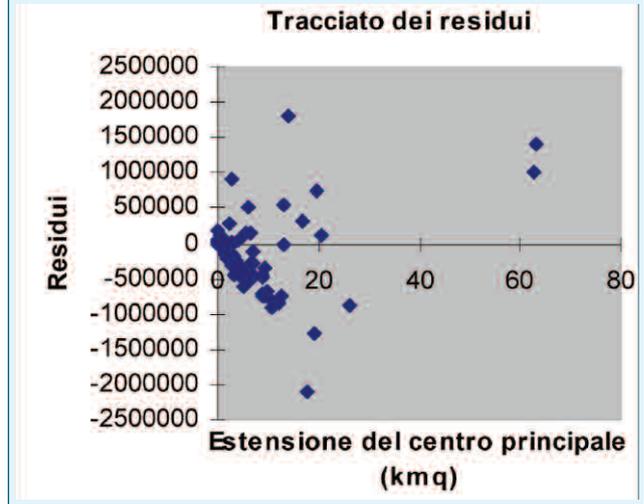


Figura 2 - Andamento dei residui della variabile "Estensione del centro principale"



La popolazione di dati processata statisticamente è composta da 157 comuni italiani appartenenti per il 30% alla Basilicata, per il 28% alla Puglia, per il 24% all'Abruzzo e, per il restante 18%, alle Marche. Scelte le tre variabili indipendenti (*popolazione residente*, *addetti ATECO G, H, J, L, M, N, O*, ed *estensione del centro urbano*) si è proceduto al calcolo del *VIF* e si è rilevata la multicollinearità della variabile *popolazione residente* ($VIF = 12$); per tale motivo, rimosso questo parametro, si è proceduto alla costruzione della regressione lineare multipla con le due variabili non multicollineari, ottenendo la seguente relazione matematica:

$$P = 76858,76 * X1 + 22,91 * X2 \quad (1)$$

in cui:

P = percorrenza annua del servizio o servizio minimo (vetture \times km/anno);

$X1$ = estensione del centro urbano principale (kmq);

$X2$ = addetti dei settori ATECO *G, H, J, L, M, N, O* (unità)

La relazione si mostra significativa dal punto di vista statistico e presenta una notevole capacità di correlazione con un valore di $R^2_{corretto}$ pari a 0,835.

I residui della regressione lineare multipla mostrano aggregazione (fig.1); questo dimostra che la relazione tra le variabili non è semplicemente di tipo lineare ma dovranno considerarsi anche i termini di ordine superiore al primo (quadratici - cubici).

Figura 3 - Approssimazione nella relazione tra percorrenze (previste e reali) ed estensione del centro principale

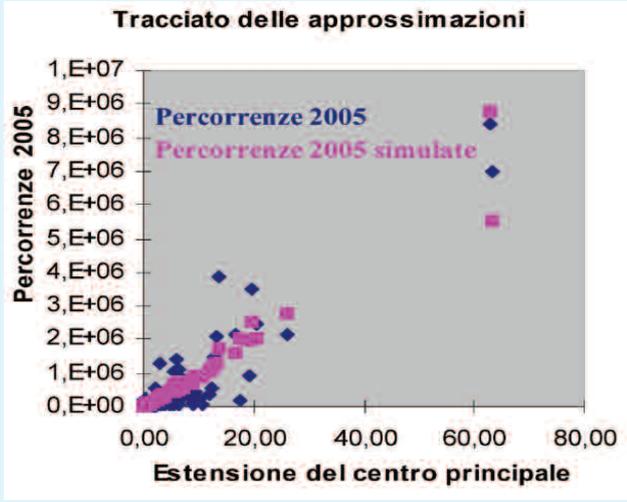


Figura 4 - Approssimazione nella relazione tra percorrenze (previste e reali) ed il quadrato del tot. addetti ATECO (G,H,J,L,M,N,O)

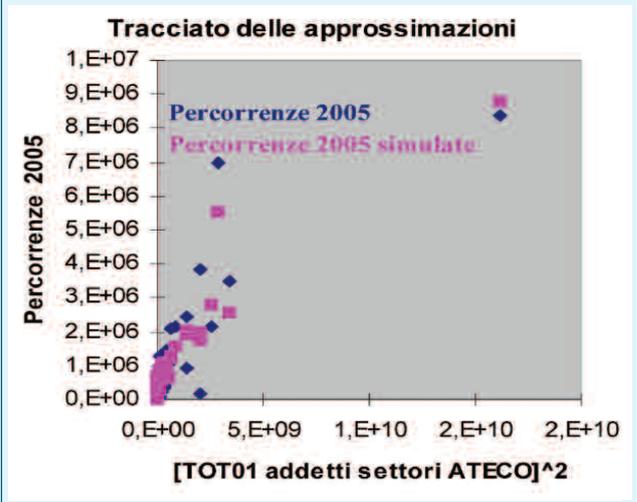


Figura 5 - Approssimazione nella relazione tra percorrenze (previste e reali) e tot. addetti ATECO (G,H,J,L,M,N,O)

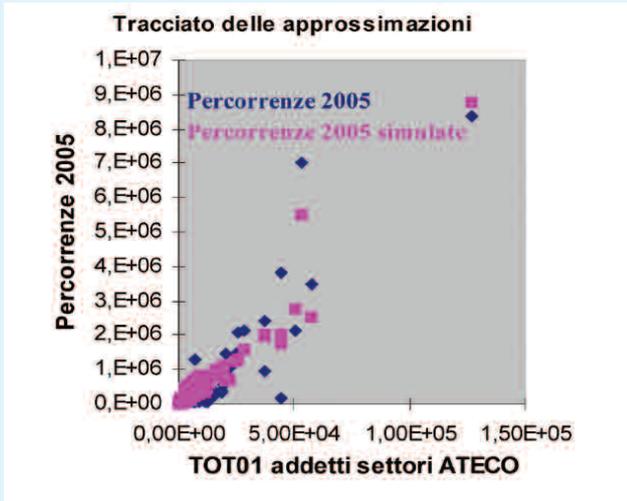
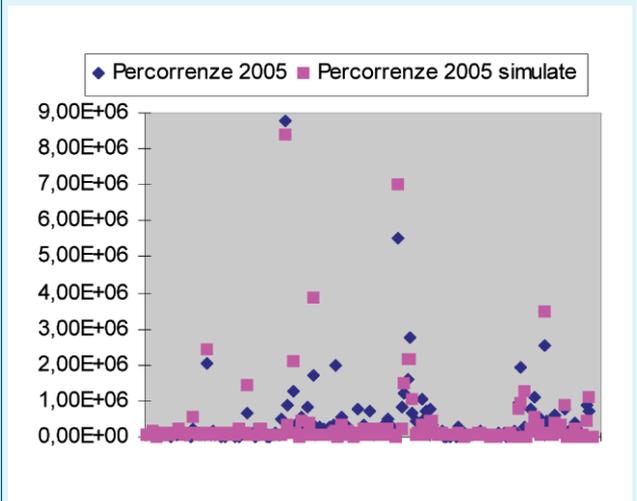


Figura 6 - Confronto tra le percorrenze reali e simulate dal modello (2)



Per tale motivo si sono ricercate regressioni multiple con variabili indipendenti lineari e quadratiche, verificando che per esse non vi sia aggregazione di residui. In particolare si è proceduto con la costruzione di una regressione a quattro termini (lineari e quadratiche), due a tre (due lineari ed uno quadratico) ed una a due (solo quadratiche) tutte con intercetta nulla. Le regressioni a quattro e tre termini presentano un valore di $R^2_{corretto}$ più elevato di quello della regressione lineare (1) mentre quella a due (solo termini al quadrato) ha una correlazione di poco inferiore a quella della regressione lineare (1).

La formulazione matematica della regressione a quattro termini (lineari e quadratiche), pur presentando il valore più elevato di correlabilità ($R^2_{corretto} = 0,901$), non è di uso generale per via della presenza di termini con segno negativo che determinano, per alcuni comuni minori, percorrenze simulate inferiori allo zero; tale regressione potrebbe comunque essere impiegata nel caso in cui fossero poste adeguate soglie dimensionali sulle variabili in ingresso

rimuovendo i valori minimi nel database.

Nel presente lavoro l'esigenza prevalente di maggiore generalizzazione del modello di previsione ha condotto alla seguente relazione:

$$P = 72099,73 * X1 + 7,16 * X2 + 0,00020 (X2)^2 \quad (2)$$

in cui:

P = percorrenza annua o servizio minimo (vetture \times km/anno);

$X1$ = estensione del centro principale (kmq);

$X2$ = addetti dei settori ATECO G, H, J, L, M, N, O (unità)

Il modello ottenuto si caratterizza per un'elevata capacità previsionale ($R^2_{corretto} = 0,856$).

La struttura del modello (2) si mostra efficace anche nella descrizione delle esigenze di mobilità delle singole regioni indagate; in particolare i coefficienti moltiplicativi delle variabili significative assumono valori diversi da regione a regione e le correlazioni ottenute sono tutte elevate così come sintetizzato nella tabella successiva.

A completamento dello studio si è proceduto ad un'a-

Tabella 7 - Sintesi della verifica statistica del modello (2)

OUTPUT RIEPILOGO						
Statistica della regressione						
R multiplo	0,9299					
R al quadrato	0,8648					
R al quadrato corretto	0,8566					
Errore standard	374301,502					
Osservazioni	157,0000					
ANALISI VARIANZA						
	gdl	SQ	MQ	F	Significatività F	
Regressione	3	1,38E+14	4,6E+13	328,353	1,985E-66	
Residuo	154	2,158E+13	1,401E+11			
Totale	157	1,596E+14				
	Coefficienti	Errore standard	Stat t	Valore di significatività	Inferiore 95%	Superiore 95%
Intercetta	0					
Estensione del centro principale (kmq)	72099,7360	8642,7277	8,3422432	3,85277E-14	55026,14708	89173,325
TOT 01 addetti	7,1649	5,9365934	1,2069007	0,229320961	-4,56277918	18,892537
Quadrato TOT 01 addetti	0,0002	4,072E-05	5,0308135	1,34524E-06	0,000124399	0,0002853

Tabella 8 - Sintesi dei modelli previsionali distinti per regione (struttura 2)

	ABRUZZO	BASILICATA	MARCHE	PUGLIA
Coeff. moltiplicativo variabile X1	-12655,80	-8736,40	-73634,10	92104,98
Coeff. moltiplicativo variabile X2	63,82	72,04	62,44	-4,27
Coeff. moltiplicativo variabile (X2) ²	-0,00023	-3,70x10 ⁻⁵	0,000352	0,000208
R ² corretto	0,867	0,949	0,829	0,861

Tabella 9 - Sintesi dei modelli previsionali distinti per funzione amministrativa

	COMUNI NON CAPOLUOGO	COMUNI CAPOLUOGO
Intercetta	58901,4	786873,4
Coeff. moltiplicativo variabile X1	2284,7	93624,5
Coeff. moltiplicativo variabile X2	5,95	-18,04
Coeff. moltiplicativo variabile (X2) ²	0,00083	0,00025
R ² corretto	0,520	0,800

analisi statistica disaggregata suddividendo i comuni in base alla funzione amministrativa svolta (capoluogo di provincia e non capoluogo). Per entrambe le categorie la migliore capacità previsionale si è ottenuta con gli stessi termini lineari e quadratici e le stesse variabili adottate per il modello (2) a cui si è aggiunto un termine noto diverso da zero. Per i comuni non capoluogo la capacità previsionale è bassa ($R^2_{corretto} = 0,520$) ma la relazione è comunque non casuale come dimostrato dalle verifiche di inferenza

dei test di Fischer e Student; la correlabilità migliora in modo consistente per i comuni capoluogo per i quali il valore di $R^2_{corretto}$ è pari a 0,800. Questa diversa rispondenza delle due categorie individuate nella popolazione di dati trova una plausibile spiegazione nella più marcata incidenza che presentano, nei comuni minori tra i quali prevalgono quelli non capoluogo di provincia, i servizi di collegamento con le frazioni rispetto al totale delle percorrenze del trasporto pubblico comunale. Infatti il modello studiato considera implicitamente trascurabile il contributo fornito, ad alcune variabili in esso contenute, dal territorio non compreso nel perimetro urbano (in particolare quando assume per le percorrenze realizzate dal servizio e per gli addetti al terziario i valori relativi all'intero territorio comunale) mentre riferisce la variabile superficie territoriale al solo centro principale.

Tabella 10 - Data-base di simulazione da modello (2)

Comune	Pop. Tot.01	Estens. centro princip. (kmq)01	TOT01 addetti ATECO	Percor. 2005	Percor. simulate 2005	Comune	Pop. Tot.01	Estens. centro princip. (kmq)01	TOT01 addetti ATECO	Percor. 2005	Percor. simulate 2005
Acerenza	3.010	0,347	509	38.300	28.709	Ostuni	32.901	1,980	6.741	232.653	200.364
Atella	3.726	0,882	591	46.939	67.898	Palo del colle	20.852	1,860	2.302	31.515	151.685
Avigliano	12.025	1,087	2.070	153.230	94.081	Putignano	28.176	2,650	9.111	94.545	273.347
Barile	3.229	0,610	314	15.000	46.251	S. Giovanni Rot.	26.106	3,270	11.815	73.134	349.013
Bella	5.440	0,540	595	38.110	43.269	San Severo	55.861	4,940	12.146	220.340	473.415
Castelluccio Inf.	2.344	0,397	373	79.300	31.325	Santeramo	26.050	3,450	3.804	69.677	278.963
Chiaromonte	2.148	0,340	484	89.174	28.030	Sava	16.163	3,240	2.277	35.754	250.980
FrancaVillia in S.	4.367	0,340	866	48.495	30.872	Spinazzola	7.362	1,110	1.217	21.710	89.054
Grumento Nova	1.839	0,348	344	31.200	27.580	Taranto	202.033	63,120	53.342	7.003.265	5.515.949
Lagonegro	6.146	0,876	2.711	84.258	84.089	Trani	53.139	10,140	11.795	215.000	844.098
Latronico	5.279	0,554	906	112.102	46.595	Chieti	52.486	12,999	24.675	1.469.700	1.238.763
Launa	13.801	1,015	3.244	206.562	98.580	L'Aquila	68.503	16,685	28.687	2.133.390	1.577.813
Lavello	13.247	1,093	2.159	120.320	95.229	Pescara	116.286	26,051	50.521	2.135.345	2.763.070
Maratea	5.261	0,338	1.706	51.992	37.189	Teramo	51.023	5,478	21.958	1.039.725	651.031
Marsico Nuovo	5.134	0,338	734	84.751	29.739	Alba Adriatica	10.389	10,829	2.865	80.130	435.348
Marsicovetere	4.703	0,175	1.697	85.400	25.366	Atessa	10.338	0,911	2.998	119.810	89.005
Melfi	16.110	2,210	5.105	544.981	201.255	Avezzano	38.337	12,015	15.600	347.430	1.027.918
Moliterno	4.592	1,150	1.081	114.800	90.899	FrancaVillia mare	22.883	6,357	5.553	55.893	504.460
Muro Lucano	6.110	0,401	1.128	46.700	37.255	Giulianova	21.400	8,879	7.575	330.000	706.220
Picerno	6.186	1,213	897	100.360	94.049	Lanciano	35.798	8,956	12.807	431.511	771.104
Pignola	5.483	0,695	723	130.080	55.397	Ortona	22.694	3,984	5.125	445.076	329.345
Potenza	69.060	20,715	37.176	2.429.863	2.042.997	Penne	12.495	1,471	2.264	110.000	123.295
Rapolla	4.648	0,572	429	45.160	44.352	Pineto	13.095	1,258	5.125	70.850	132.799
Rionero in V.	13.441	1,997	3.211	72.149	169.102	San Salvo	17.254	2,191	3.379	103.516	184.513
Rotonda	3.888	0,568	626	103.580	45.504	Alanno	3.742	0,286	614	49.798	25.115
Ruoti	3.687	0,407	339	110.996	31.797	Altino	2.536	0,182	469	70.000	16.554
San Fele	3.832	0,317	476	46.870	26.313	Ateleta	1.232	0,298	125	37.825	22.358
San Severino L.	1.923	0,240	326	64.128	19.661	Balsorano	3.705	0,875	384	44.688	65.841
Sant'Arcangelo	6.637	0,314	1.266	60.700	31.962	Basclano	2.381	0,234	386	44.708	19.644
Senise	7.182	1,154	1.516	123.580	94.536	Castel di Sangro	5.626	3,431	2.241	97.313	264.424
Venosa	12.148	1,283	3.746	61.160	122.218	Castelli	1.391	0,110	250	33.996	9.726
Vietri di Potenza	3.096	0,187	610	48.288	17.929	Civitella Roveto	3.330	1,671	595	18.717	124.833
Viggianello	3.500	0,176	460	201.599	15.955	Crognaleto	1.549	0,046	201	61.486	4.746
Bernalda	11.958	2,104	1.801	124.709	165.266	Cupello	4.415	0,754	558	59.337	58.439
Ferrandina	9.358	1,090	1.456	91.767	89.455	Gissi	3.088	0,399	853	63.000	35.059
Matera	57.785	6,174	20.082	1.434.495	671.635	Guardiagrele	9.527	1,196	2.102	60.000	102.232
Montalbano	7.991	1,694	1.960	81.614	136.887	Isola G. Sasso	4.883	1,570	788	94.203	118.986
Montescaglioso	10.121	1,233	1.299	80.940	98.552	Mont. Vomano	8.048	1,890	1.372	133.712	146.493
Nova Siri	6.418	0,166	1.114	58.240	20.204	Mosciano	8.313	1,301	1.638	50.000	106.105
Pisticci	17.811	0,388	3.110	225.834	52.239	Paglieta	4.401	1,080	653	36.600	82.608
Policoro	15.096	2,539	3.790	208.237	213.158	Roccaspinalveti	1.671	0,799	173	19.324	58.848
Pomarico	4.482	0,558	569	46.332	44.375	San Vito chietino	4.901	0,778	853	80.000	62.381
Rotondella	3.233	0,144	394	33.550	13.237	S. Eusiano	2.451	0,390	189	20.000	29.475
Salandra	3.109	0,335	392	35.522	26.994	Scerni	3.704	1,678	586	50.453	125.245
Scanzano Jonico	6.711	0,691	1.199	68.165	58.706	Schiavi di Abruz.	1.403	0,144	120	37.491	11.248
Stigliano	5.616	1,083	1.229	66.490	87.199	Tagliacozzo	6.532	1,227	1.234	80.000	97.639
Tursi	5.510	0,570	878	63.240	47.546	Torebrunna	1.173	0,219	89	30.000	16.460
Altamura	64.167	5,093	12.178	46.086	484.835	Tortoreto	7.836	0,511	2.341	115.835	54.708
Bari	316.532	62,747	127.303	8.388.967	8.755.680	Orclano	2.268	0,447	553	1.399	36.238
Baretta	92.094	9,360	18.573	347.737	878.585	Fossombrone	9.591	2,000	2.962	2.779	167.246
Bitonto	56.929	3,760	8.853	120.926	350.580	Fano	57.329	9,590	19.858	780.113	914.500
Brindisi	89.081	13,267	26.043	2.074.483	1.282.067	Pesaro	91.086	19,408	36.933	934.692	1.943.357
Canosa	31.445	3,660	5.301	120.699	307.622	Urbino	15.270	3,008	7.412	1.279.332	281.247
Cassano Murge	11.958	2,266	2.289	16.146	180.852	Urbania	6.643	1,491	1.557	12.444	119.166
Cerignola	57.366	6,460	10.593	427.597	564.646	Senigallia	41.550	8,821	15.267	241.666	793.140
Conversano	24.071	2,660	4.616	60.176	229.223	Sassoferrato	7.419	2,257	1.232	157.611	171.840
Corato	44.971	10,745	8.847	43.140	854.131	Jesi	39.224	12,418	19.098	570.266	1.106.915
Fasano	38.667	2,770	7.702	379.623	267.051	Fabriano	30.019	6,419	9.014	332.882	544.015
Foggia	155.203	13,817	44.649	3.844.293	1.724.447	Castelfidardo	16.917	3,804	3.121	77.932	298.612
FrancaVillia Font.	36.274	2,718	6.917	78.382	255.327	Ancona	100.507	19,853	57.952	3.498.441	2.534.554
Galatina	28.081	2,917	6.861	80.052	269.115	Falconara M.	28.349	5,727	6.539	36.553	468.513
Gallipoli	20.266	2,307	4.708	60.270	204.607	Osimo	29.413	3,109	8.818	124.180	303.261
Giola del Colle	27.655	2,396	5.993	78.870	223.047	Matelica	10.155	2,138	2.099	48.886	170.080
Giovinazzo	20.300	1,677	3.027	39.000	144.476	Civitanova M.	38.299	6,368	13.671	360.500	595.390
Gravina in Puglia	42.154	2,850	5.580	47.122	251.842	Recanati	20.050	2,592	4.570	125.758	223.874
Grottaglie	31.894	3,708	4.604	91.957	304.675	Tolentino	18.649	3,000	5.613	334.132	262.946
Lecce	83.303	17,600	44.661	192.224	1.997.506	Macerata	40.875	6,934	21.340	859.267	746.086
Locorotondo	13.928	1,537	2.437	8.766	129.495	Samano	3.375	1,246	987	9.173	97.105
Manduria	31.747	7,214	4.761	316.355	558.882	Camerino	6.858	2,068	4.226	66.008	183.020
Manfredonia	57.704	4,530	8.925	34.092	406.874	S. Severino M.	12.794	2,945	2.997	64.239	235.627
Martina Franca	48.756	3,017	9.154	187.622	300.276	Fermo	35.502	3,864	11.766	238.000	391.247
Massafra	30.923	2,737	4.394	115.473	232.774	Montegranaro	12.860	2,105	2.499	8.742	170.876
Mattinata	6.333	0,470	1.124	5.838	42.199	Acquasanta T.	3.346	0,206	5.937	18.752	18.752
Minervino Murge	10.213	1,081	1.344	45.000	87.939	Montefiore Aso	2.199	0,338	319	28.389	26.685
Modugno	35.980	9,130	9.698	98.043	747.020	S. Benedetto T.	45.054	9,617	18.333	421.276	893.599
Mola di Bari	25.919	1,928	3.282	39.276	164.730	Ascoli Piceno	51.375	6,568	21.068	1.117.581	715.389
Molfetta	62.546	3,640	9.921	237.843	353.687	Folignano	8.844	0,241	959	14.700	24.443
Monte S. Angelo	13.917	1,422	2.114	206.072	118.588						
Nardò	30.520	8,870	6.120	39.300	691.046						
Noci	19.564	2,064	4.261	112.129	183.062						

Comuni della "Regione Basilicata"
 Comuni della "Regione Puglia"
 Comuni della "Regione Abruzzo"
 Comuni della "Regione Marche"

Risultati e considerazioni finali

Il lavoro presentato ha conseguito risultati sul piano teorico-metodologico ed applicativo così sintetizzabili:

- conferma e quantificazione della relazione esistente fra le esigenze di trasporto pubblico e le dimensioni geografiche ed insediative del comune interessato;
- verifica di una metodologia di costruzione di un modello sintetico basata su tecniche statistiche;
- messa a punto di uno strumento di uso generale per la quantificazione dei servizi di trasporto pubblico di interesse comunale.

Sul piano teorico-metodologico è emerso che l'unica variabile di tipo insediativo che ha una marcata incidenza sul fenomeno studiato è rappresentata dagli addetti al terziario; altre, quali la popolazione residente o gli addetti ad altri settori produttivi, incidono in modo trascurabile e quindi, per il criterio della parsimonia, è opportuno non tenerne conto nella costruzione del modello. L'altra variabile che ha un ruolo importante nelle esigenze di trasporto pubblico espresse in termini di percorrenze è la superficie del territorio servito. Quest'ultima grandezza è stata riferita al centro urbano principale del comune poiché la rimanente parte della superficie comunale incide generalmente in modo trascurabile sulle percorrenze di un servizio che è reso in gran parte all'interno del perimetro urbano. Gli addetti al terziario sono stati riferiti invece all'intero comune dal momento che comunque la presenza di questi ultimi è assolutamente prevalente nel centro urbano principale. Le percorrenze sono invece quelle dell'intero servizio di trasporto pubblico di interesse comunale sovvenzionato dalle regioni e pertanto non comprensivo dei servizi di scuolabus. Il modello messo a punto riproduce quindi le percorrenze del trasporto pubblico di interesse comunale sotto le ipotesi che il servizio si sviluppi esclusivamente all'interno del perimetro urbano e che gli addetti al terziario presenti nel comune siano ubicati in tale ambito territoriale. Evidentemente la capacità previsionale del modello diminuisce quanto più la situazione reale si allontana da quella schematizzata.

Lo strumento messo a punto si presenta di immediato utilizzo e, sebbene ulteriormente perfezionabile attraverso una calibrazione che si avvalga di una base dati più ampia, è di uso generale essendo stato già verificato sui comuni appartenenti a regioni diverse per orografia e caratteristiche insediative, sia presi tutti insieme che suddivisi per regione di appartenenza. È possibile comunque un adattamento del modello a situazioni regionali specifiche attraverso l'inserimento di valori limite minimi o massimi, sia per le variabili indipendenti, che per quella dipendente, onde limitarne l'intervallo di escursione.

Il modello può trovare un campo di applicazione importante nella ripartizione fra i comuni delle risorse regionali per l'esercizio del trasporto pubblico di interesse comunale. Detta operazione comporta come primo passo la determinazione delle percorrenze da ammettere a contributo (servizi minimi) che possono scaturire direttamente dall'applicazione del modello sintetico proposto. Il secondo passo consiste nella definizione del costo chilometrico del

servizio che è differente in ogni comune; a tal fine è possibile avvalersi di un'analisi statistica dei costi (stima sintetica) oppure di un'analisi condotta per centri di costo (stima analitica) del tipo costo standard.

Le percorrenze sviluppate da ciascun comune e utilizzate per la calibrazione dei modelli sono relative al solo trasporto su gomma e non tengono conto che, in qualche comune, una parte del servizio è svolto o potrà essere svolto in futuro con impianti fissi quali scale e marciapiedi mobili, funicolari o ferrovie. In realtà la presenza di questi impianti è sostitutiva di alcuni servizi su gomma che devono cessare di esistere nel momento in cui tali impianti entrano in esercizio, onde evitare una inutile sovrapposizione di offerta.

Pertanto il problema di tener conto degli impianti fissi di trasporto nel dimensionamento dei servizi minimi non si pone per gli impianti che si andranno a realizzare, in quanto questi sostituiranno alcune corse di autobus le cui percorrenze continueranno ad essere computate dai modelli messi a punto e conseguentemente ammesse al contributo regionale; così anche l'aliquota di servizio espletata attraverso modi non stradali godrà indirettamente del contributo di esercizio.

Differente è la situazione per gli impianti in esercizio che hanno già sostituito, dal momento della loro entrata in servizio, la corrispondente offerta su gomma. Questi servizi non sono ad oggi computati nelle percorrenze realizzate da ciascun comune e quindi non contribuiscono a quantificare i servizi ammessi a contributo. Pertanto, qualora se ne vorrà tener conto sarà sufficiente incrementare le percorrenze del data-base con le percorrenze equivalenti a quelle degli autobus prodotte dagli eventuali sistemi di trasporto diversi attualmente in esercizio e ricalibrare i modelli avvalendosi del data-base così modificato.

Le percorrenze equivalenti in (autobus x km) sviluppate da sistemi di trasporto su sede propria possono essere calcolate sulla base di una linea di trasporto stradale fittizia in grado di offrire un servizio omologo a quello dell'impianto fisso in esame con caratteristiche paragonabili in termini di fermate servite, velocità commerciale, frequenza, capacità, ecc.

Bibliografia

- BALCOMBE R. (2004), "The demand of public transport: a practical guide", *Transport Research Laboratory*, TRL Report 593.
- BANISTER D., MARSHALL S. (2000), *Encouraging transport alternatives: good practice in reducing travel*, London, The Stationery Office.
- BOARNET M., CRANE R. (2001), "The influence of land use on travel behaviour: specification and estimation strategies", *Transportation Research (A)*, vol.35, n.9.
- BOARNET M., GREENWALD M.J. (2000), "Land use, urban design and non-work travel – reproducing other urban areas' empirical test results in Portland", Oregon, *Transportation Research Record*, vol. Transportation land use and smart growth, n° 1722.

- BREHENY M. (1995), "Urban density and sustainable development", Paper presented at the *Institute of British Geographers' Conference*, University of Northumbria, Newcastle, 3-6 January.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT (2002), *Transport Statistics Bulletin – National travel Survey: 1991/2001 Update*, SB 02 (22). July 2002, London: Department of Transport.
- ECOTEC (1993), *Reducing transport emissions through planning*, London: The Stationery Office.
- FOUCHIER V. (1997), "Urban density and mobility: what do we know, what can we do? The case of the Paris Region", In: DE ROO G., MILLER D., *Compact cities and sustainable urban development*, Aldershot: Ashgate.
- Frank L.D., Pivo G. (1994), "Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single occupant vehicle, transit and walking", *Transportation Research Record*, n.1466.
- Geerling H., Stead D. (2003), "The integration of land use planning, transport and environment in European policy and research", *Transport Policy* vol.10.
- MAAT C. (1999), "The compact city and mobility: a Dutch perspective", In: VERHEOF E.T., FEITELSON E., *Transport and Environment: in search of sustainable solutions*, Cheltenham: Edward Elgar.
- MASNAVI M.R. (2001), "The new millennium and the new urban paradigm: the compact city in practice", In: WILLIAM K., BURTON E., JENKS M., *Achieving sustainable urban form*, London: E and FN.
- MURTO R. (2000), *Alternative scenarios for location of housing and workplaces and changes in transport system – The effects on working trip patterns in Tampere Region*, 3rd KFB Research Conference, June 13-14, Stockholm.
- NEWTON P. (2001), "Urban form and environment performance", In: WILLIAM K., BURTON E., JENKS M., *Achieving sustainable urban form*, London: E and FN.
- SIMMONDS D., COOMBE D. (2001), "The transport implications of alternative urban forms", In: WILLIAMS K., BURTON E., JENKS M., *Achieving sustainable urban form*, London: E and FN Spon.
- STEAD D., "Relationship between land use, socio-economic factors and travel patterns in Britain", In: *Environment Planning B – Planning and design*, vol. 28 n.4.
- STEAD D., WILLIAMS J., TITHERIDGE H. (2001), "Land use, transport and people – Identifying the connections", In: WILLIAMS K., BURTON E., JENKS M., *Achieving sustainable urban form*, London E and FN Spon.
- VAN DIEPEN A.M. (2000), "Trip making and urban density: comparing British and Dutch survey data", In: DE ROO G., MILLER D., *Compact cities and sustainable urban development: a crucial assessment of policies and plans from international perspective*, Aldershot, Ashgate.
- VAN U.P., SENIOR M. (2001), "The contribution of mixed land use to sustainable travel in cities", In: WILLIAM K., BURTON E., JENKS M., *Achieving sustainable urban form*, London: E and FN.
- WADDELL P., G.F.ULFARSSON, J. P. FRANKLIN, J LOBB (2007), "Incorporating land use in metropolitan transportation planning", *Transportation Research (A)*, vol.41.