



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 Malavasi,
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'invio 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 Petrucci, 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 Petrucci 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 Rupì, 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 Foiadelli e Dario Zaninelli, Politecnico di Milano -
Dipartimento di Energia

Un costo di riferimento per i servizi di trasporto pubblico urbano

A reference cost for urban public transit services

Umberto Petrucci, Università della Basilicata - Dapit e Diego Fabrizio, Dottore di ricerca – Università della Basilicata.

Il lavoro elabora alcune metodologie per calcolare un costo di riferimento per il servizio di trasporto pubblico urbano. Come costo di riferimento è da intendere un costo di media efficienza, rispetto ad un campione reale, che pertanto differisce concettualmente dal costo economico standardizzato; quest'ultimo infatti, a norma della L.151/1981, rappresenta invece un costo di massima efficienza da calcolarsi con riferimento alla qualità del servizio offerto e alle condizioni ambientali in cui viene svolto.

Le tre metodologie di stima del costo di riferimento proposte si basano, le prime due su un approccio di stima sintetico, l'altra su di uno analitico: in particolare, la prima consiste nella costruzione di un modello sintetico, la seconda nella individuazione di valori medi di costo corrispondenti ad intervalli significativi delle variabili che influenzano l'efficienza mentre la terza, di tipo analitico, trae spunto dalle procedure messe a punto dalle regioni per la determinazione del costo standard.

Un'applicazione ad un campione di servizi di trasporto di interesse comunale ha consentito una verifica delle metodologie elaborate.

This paper works out some methodologies to calculate a reference cost for the urban transit service. As reference cost we intend a medium efficiency cost related to a real sample, differing from the standard cost; this last one, in fact, according to the Italian Law 151/1981, is a maximum efficiency cost related to the service quality and to the environment where the service is produced.

The first two ones of the three methodologies proposed for the assessment of the reference cost are based on the synthetic assessment approach, the last one on the analytical approach: particularly the first methodology lies in a synthetic model construction, the second one in the quantification of cost medium values corresponding to meaning intervals of the variables affecting the efficiency; the third methodology, analytical one, derives from the practices tuned by the Italian regions to calculate the standard cost.

In the end, to test the set methodologies, the paper works out an application to a sample of some municipal transit services.

1. Il problema

Il costo standard per i servizi di trasporto pubblico locale (TPL) venne introdotto dalla Legge 151/1981 per regolamentare l'erogazione del contributo di esercizio alle aziende concessionarie, superando la pratica, fino ad allora adottata, del ripiano del disavanzo di bilancio. Come è noto, detta legge stabilì che il contributo di esercizio dovesse essere calcolato come differenza fra il costo standard e il ricavo presunto, demandando alle regioni il compito di definire dei criteri per la determinazione del costo standardizzato che tenessero in considerazione le effettive condizioni operative in cui il servizio viene prodotto. In attuazione della norma nazionale le regioni hanno legiferato sviluppando procedimenti di calcolo del costo standardizzato di tipo analitico che comportano la quantificazione delle diverse voci di spesa a cui i gestori devono far fronte.

Il superamento del regime di concessione a favore del contratto di servizio da stipularsi con un'azienda selezionata

attraverso una gara pubblica ha reso non più necessario un meccanismo di regolazione delle sovvenzioni pubbliche al settore quale quello introdotto dalla L.151/81 che peraltro non ha sostanzialmente raggiunto l'obiettivo di contenere la spesa pubblica per il TPL né di aumentare in modo sensibile l'efficienza dell'offerta.

Ciò nonostante la determinazione di costi di massima efficienza o costi obiettivo o costi standardizzati riveste tuttora una grande importanza per amministratori, policy-makers e progettisti del settore del TPL per risolvere le seguenti categorie di problemi:

- a) determinazione della dimensione ottimale della rete da appaltare;
- b) determinazione dell'importo a base di gara;
- c) ripartizione delle risorse per il contributo di esercizio fra le province ed i comuni di una stessa regione per i servizi di TPL di competenza di ciascun ente;
- d) definizione di azioni di riorganizzazione dei servizi che

tengano conto anche della possibilità di contenerne il costo specifico.

Relativamente alla prima problematica sollevata, è da evidenziare che l'applicazione di una funzione di costo calibrata sulla specifica realtà in cui si opera consente di determinare la dimensione ottimale della rete dei servizi da appaltare ai fini del raggiungimento della massima efficienza con evidenti conseguenze positive sui ribassi offerti in sede di gara.

La determinazione dell'importo a base di gara è imposta dalla normativa sugli appalti pubblici che tra l'altro non prevede la possibilità di accettare offerte al rialzo. Pertanto è indispensabile stabilire con una buona approssimazione il costo del servizio oggetto di appalto da cui scaturisce l'importo della sovvenzione (nei contratti *net-cost*) ovvero della remunerazione del servizio (per i contratti *gross-cost*) posto a base di gara. Infatti un valore non remunerativo di tali importi farebbe andare deserta la gara, mentre un valore esuberante, che, in linea di principio, in un mercato perfetto non influenza affatto l'importo di aggiudicazione, espone tuttavia la pubblica amministrazione al rischio appaltare ad importi superiori a quelli minimi possibili allorché, come accade in quasi tutte le regioni, la presenza di barriere (naturali e non) all'ingresso al mercato nonché di uno o più operatori dominanti, può restringere di molto il numero di partecipanti alla gara ed eventualmente facilitare la realizzazione di cartelli fra questi ultimi.

Il problema della ripartizione delle risorse regionali per il contributo di esercizio fra gli enti locali aventi diritto viene ad oggi risolto in modo differente nelle regioni d'Italia. La ripartizione fra le province, di per sé meno complessa, sia per effetto del loro minor numero per regione, sia per l'estensione della rete di competenza che comporta generalmente una buona variabilità delle caratteristiche operative con conseguenti valori medi di costo non molto dissimili fra una provincia ed un'altra, viene in generale definita tenendo conto prevalentemente del contributo storico ormai consolidato ed eventualmente di una concertazione fra gli enti interessati.

Decisamente più complessa è la ripartizione delle risorse per il contributo di esercizio del trasporto pubblico fra i comuni aventi diritto. Infatti i servizi di interesse di questi ultimi, svolti prevalentemente in ambito urbano, presentano costi molto diversi in quanto risentono di importanti fattori esterni quali la velocità commerciale (diretta conseguenza della velocità possibile delle infrastrutture stradali percorse) oltre che di sensibili economie di densità della rete di offerta sul territorio e di economie di intensità del servizio. La ripartizione del contributo deve quindi tener conto sia del costo medio unitario del servizio che della quantità di quest'ultimo necessaria per soddisfare le esigenze minime di mobilità all'interno della città ed eventualmente del territorio comunale.

L'approccio al problema adottato dalle diverse regioni ha in comune l'attribuzione di un peso determinante (talvolta assoluto) al contributo storico a cui si aggiungono gli effetti di una concertazione fra gli enti e, in qualche regione, l'introduzione di criteri premiali utilizzati per l'attribu-

zione di una parte del monte storico o di risorse aggiuntive a quest'ultimo. In rari casi si adotta un modello che ripartisce le risorse sulla base di parametri territoriali e insediativi. In particolare il modello utilizzato dalla Regione Basilicata fin dal 1997 (D.C.R. 610/97) calcola il contributo per i servizi di interesse di ciascun comune sulla base di quattro variabili a cui è associato un peso diverso riportato di seguito in parentesi: percorrenza pregressa (50%), popolazione residente nelle case sparse e nuclei rurali (25%), popolazione residente nel centro urbano (15%), superficie comunale (10%), rispettando comunque le soglie massime imposte al contributo specifico per abitante (Euro/ab.) e per unità di servizio (Euro/busxkm) ed assegnando un contributo aggiuntivo ai due capoluoghi di provincia. La ripartizione così fatta assume implicitamente che i servizi offerti dai diversi comuni abbiano lo stesso costo specifico di produzione e ciò rappresenta un limite molto pesante della metodologia adottata, superabile solo determinando separatamente la percorrenza ed il costo chilometrico del servizio per ciascun comune.

Nello sforzo che si auspica venga fatto da tutte le regioni per la messa a punto di criteri oggettivi per la ripartizione delle risorse per il contributo di esercizio del TPL fra i comuni e fra le province con la finalità di spingere gli enti locali ad aumentare l'efficienza del servizio migliorandone soprattutto le condizioni ambientali, costituisce un passo irrinunciabile la definizione di una metodologia razionale e condivisa per la determinazione di costi obiettivo unitari del servizio. Sono note tuttavia le difficoltà oggettive della determinazione dei costi obiettivo o standard o di massima efficienza che tengano conto delle effettive condizioni di produzione del servizio e di quelle ambientali, in quanto la massima efficienza non può essere assunta come condizione di esercizio di un generico servizio né di una generica azienda esercente ed è quindi pressoché impossibile individuare parametri rappresentativi di condizioni di massima efficienza traendoli da situazioni reali.

Per quanto detto, nel presente lavoro si trattano metodologie per la determinazione di un costo di riferimento per il trasporto pubblico urbano su gomma inteso come un costo di media efficienza rispetto ad un campione reale piuttosto che di un costo di massima efficienza o costo standard o obiettivo riferito ad un esercizio ideale attuato in uno specifico contesto reale. A tal fine il paragrafo 2 sintetizza una approfondita analisi della bibliografia internazionale sul tema dei costi e dell'efficienza dei servizi di trasporto pubblico locale con particolare riferimento alla situazione nazionale. Nel paragrafo 3 si mettono a punto alcune metodologie di stima del costo unitario del trasporto, una delle quali è basata sulla costruzione di un modello sintetico, un'altra sulla individuazione di valori medi associati ad intervalli di variazione significativi dei parametri caratteristici del fenomeno e la terza, di tipo analitico, trae spunto dalle procedure implementate dalle regioni per la determinazione del costo standard. Nel quarto paragrafo è stato sviluppato un esperimento di stima del costo di riferimento del trasporto di interesse comunale per un campione di comuni titolari del contributo regionale di

esercizio e si sono sviluppate, nel quinto paragrafo, alcune considerazioni sui risultati del lavoro e sui possibili sviluppi della ricerca.

2. I riferimenti bibliografici

L'analisi della letteratura del settore è indirizzata all'individuazione delle variabili in grado di influire sensibilmente sul costo di produzione dei servizi.

È da evidenziare innanzitutto che gli studi condotti negli ultimi anni sono stati finalizzati per lo più alla individuazione di eventuali inefficienze produttive nel settore del trasporto pubblico e sprechi di risorse onde trarre indicazioni per la messa a punto di idonee politiche. Pertanto i lavori esistenti si caratterizzano generalmente per un taglio differente dalla presente ricerca che mira invece a fornire degli strumenti applicativi per stimare il costo di riferimento di un servizio di trasporto pubblico su gomma che si discosti il meno possibile da quello di massima efficienza ma che tenga nella dovuta considerazione le specificità sia dello stesso servizio che dell'ambiente in cui viene offerto.

Fazioli et al. (1993) indagano sull'efficienza di 40 compagnie di trasporto extraurbano dell'Emilia Romagna nell'arco di tempo che va dal 1986 al 1990 applicando ad esse una funzione di costo totale di tipo translogaritmica. I dati di input considerati sono il lavoro ed il capitale mentre il prodotto è misurato in posti x km ma si tengono in considerazione anche alcune caratteristiche specifiche dei servizi offerti quali la lunghezza della rete. Si evidenzia un'inefficienza tecnica media tra il 78 e il 100% e sensibili economie di scala nel breve e nel lungo periodo decrescenti con l'aumento della dimensione aziendale nonché economie di densità.

Levaggi (1994) esamina 55 compagnie di trasporto urbano italiane con riferimento al 1989 attraverso una funzione di costo variabile, più appropriata secondo l'autore per lo studio dell'efficienza del settore del TPL in Italia in conseguenza della stretta dipendenza delle imprese dai contributi pubblici. I risultati mettono in luce la presenza, nel breve periodo, di economie di intensità d'uso, di scala e di densità mentre nel lungo periodo si riducono le economie di intensità e si registrano deboli diseconomie sia di scala che di densità; inoltre nel lungo periodo emerge un'inefficienza media di costo tra il 14 e il 40% oltre che un generale eccesso di capacità.

Anche Fabbri (1998), come Levaggi, si è avvalso di una funzione di costo variabile per analizzare i dati, riferiti al periodo 1986 – 1994, di numerose compagnie di trasporto urbane ed extraurbane dell'Emilia Romagna. Mettendo in relazione il numero di lavoratori e di veicoli con i veicoli x chilometro ha potuto rilevare l'esistenza di sensibili economie di scala, sia nel breve, sia nel lungo periodo che si riducono al crescere della dimensione aziendale oltre che di inefficienze di costo indicative di dimensioni non ottimali delle imprese osservate.

Fraquelli et al. (2001) hanno individuato le variabili in grado di incidere sui costi di produzione, applicando una funzione di costo variabile ad un campione di 45 aziende di

trasporto pubblico urbano ed extraurbano con riferimento al periodo compreso fra il 1996 ed il 1998. I fattori di costo considerati sono lavoro, carburante e spese per materiali e servizi mentre il prodotto è misurato anche attraverso un parametro innovativo definito come il numero di posti totali offerti moltiplicato per le percorrenze espresse in autobus x chilometro. I risultati hanno messo in luce l'influenza, sui costi di produzione, di fattori interni all'azienda e di fattori esterni (ambientali): fra i primi la dimensione aziendale incide positivamente sulle economie di scala realizzabili sia nel breve, sia nel lungo periodo; fra i fattori ambientali spiccano la velocità media commerciale, la densità dell'utenza per chilometro di rete servita e l'estensione della rete. Nel dettaglio la velocità commerciale (condizionata dalla congestione da traffico) è assolutamente preponderante sull'aumento dei costi unitari nonché sulla riduzione dell'attrattività del servizio oltre a presentare risvolti sul piano ecologico; la densità dell'utenza per chilometro di rete servita incide positivamente ed in modo significativo sulla riduzione dei costi a condizione di considerare l'*output* finale (passeggeri x km) anziché l'*output* intermedio (posti x km); l'estensione della rete, inquadrata fra le caratteristiche ambientali in quanto conseguenza del contesto territoriale, è risultata incidere favorevolmente sulla riduzione dei costi per le aziende di medie dimensioni consentendo di individuare, in una offerta compresa fra 600 MI e 1.500 MI di postixkm/anno, la dimensione aziendale in corrispondenza della quale sono più sensibili le economie connesse a questo parametro.

L'influenza, sull'efficienza produttiva, dei meccanismi di sussidio statale alle imprese pubbliche di trasporto è stata studiata da Piacenza (2006) che ha analizzato un campione di 44 aziende nell'arco temporale che va dal 1993 al 1999. I risultati emersi mettono in luce un generale eccesso di capacità produttiva che trova nel monopolio naturale locale il riferimento organizzativo prevalente, sebbene si rilevi che l'impatto della regolamentazione sia meno sensibile quando l'inefficienza strutturale della rete di offerta è particolarmente marcata anche per effetto delle condizioni ambientali sfavorevoli.

Interessanti valutazioni dell'efficienza di aziende di trasporto passeggeri su gomma italiane e svizzere sono state sviluppate da Fazioli et al. (2003) applicando una funzione di costo totale ad un campione di 58 aziende di piccola e media dimensione, operanti alcune nel settore del trasporto urbano, altre in quello extraurbano, altre in entrambi, analizzate nel periodo 1991-1997. Il lavoro citato ha evidenziato l'esistenza di sensibili economie di densità e di scala nell'ambito di tutte le classi dimensionali comprese nel campione con preponderanza delle economie di densità su quelle di scala soprattutto per le aziende di piccola dimensione sebbene la scarsa domanda non consenta generalmente di aumentare la densità di offerta e quindi sfruttare le economie conseguibili.

Lo stesso tipo di analisi, sebbene con una differente metodologia è stata condotta da Fraquelli e Piacenza (2003). Essi hanno introdotto nel modello di costo applicato ulteriori variabili rappresentate dalla velocità commerciale,

dalla tipologia di rete (urbana, extraurbana o mista) e dal tipo di contratto di sussidio stipulato fra ente affidante e azienda di trasporto al fine di indagare sulle cause di inefficienza. In questo caso i fattori in ingresso nella produzione sono il carburante, i materiali, i servizi ed il capitale considerato fisso, mentre la produzione è misurata attraverso il parametro vetture x km x posti già usato in uno degli studi precedentemente citati (Fraquelli et al. 2001). Il campione, osservato nel periodo 1993-1999, è costituito da 45 imprese di cui 18 operanti nel servizio urbano, 15 nell'extraurbano e 12 in entrambi. Anche questo studio ha evidenziato l'esistenza di economie di scala, e di scopo, nonché di economie conseguibili da maggiori densità di rete e di servizio e da velocità commerciali più elevate. Pertanto per ottenere economie si suggerisce, oltre che di migliorare il deflusso stradale con provvedimenti di limitazione del traffico privato, di promuovere fusioni tra aziende che operano su reti contigue o che operano contemporaneamente su servizi diversi (urbani ed extraurbani) così da sfruttare economie di scala e da produzione congiunta (di scopo) e inoltre di mettere a gara reti di grandi dimensioni che comprendano servizi, sia urbani, sia extraurbani.

Cambini et al. (2005) estendono l'analisi dei fattori che influiscono sull'efficienza delle aziende di trasporto pubblico alle aziende operanti nelle grandi realtà urbane, presenti solo in minima parte nei campioni esaminati negli studi precedenti. In particolare l'obiettivo perseguito in questo lavoro consiste ancora nella verifica della possibilità di ottenere economie di scala e di densità al fine di individuare la dimensione ottimale della rete da mettere a gara e le azioni di riassetto di imprese di trasporto pubblico. Il campione è costituito da 33 imprese di trasporto pubblico locale ampiamente rappresentativo dell'universo delle imprese medio-grandi associate all'ASSTRA, uniformemente distribuite fra Nord, Centro e Sud Italia, osservate nell'arco di tempo che va dal 1993 al 1999. Tra gli input considerati (lavoro, carburante, spese per materiali e servizi vari) è stato introdotto anche un indicatore del capitale investito basato sul numero di vetture disponibili e sulla relativa età; l'*output* finale è misurato in veicoli x km, posti x km e posti totali x km (= posti totali x veicoli x km); l'estensione della rete è misurata attraverso la superficie servita anziché con lo sviluppo complessivo delle linee servite. I risultati, anche in questo studio, hanno evidenziato la presenza di significative economie di scala e di densità sia per l'impresa media di riferimento, sia per i grandi operatori, indipendentemente dal fatto che il servizio offerto sia urbano o extraurbano. Si evidenzia inoltre il limite dell'analisi che non tiene conto degli aspetti qualitativi del servizio, quali puntualità, frequenza e densità del servizio e interconnessione fra le diverse modalità, a cui l'utenza si dimostra sensibile e che evidentemente incidono sui costi di produzione.

Matthew e McCarthy (2002) generalizzano i risultati emersi dagli studi precedenti superando il limite da loro evidenziato. Detto limite ricorrente consiste nell'aver utilizzato un modello di costo con caratteristiche applicative differenti o nell'aver analizzato aziende differenti per proprietà o nell'aver considerato intervalli temporali diversi che hanno

di conseguenza condotto a risultati differenti riguardo l'esistenza di economie di scala, di economie di densità e di elasticità dei fattori di input; ne è la riprova il fatto che dette economie rilevate negli studi precedenti dipendono dalla tipologia e dalla dimensione dei sistemi di volta in volta considerati. Per superare il limite anzidetto viene pertanto analizzato un campione di ben 256 sistemi di trasporto pubblico nell'arco di 9 anni (1986-1994), suddivisi in gruppi omogenei e vengono messe a punto funzioni di costo specifiche per ciascun gruppo riuscendo in tal modo a minimizzare gli errori e a cogliere le caratteristiche della produzione di sistemi di trasporto pubblico molto diversi per dimensione. La struttura delle funzioni di costo utilizzate è di tipo translog con tre variabili di ingresso (lavoro, carburante e materiali). Matthew e McCarthy giungono alla conclusione che la dimensione del sistema ha influito sulle economie rilevate negli altri studi solo in quanto in essi si sono analizzate aziende di tipo diverso e che le differenze di costo sono per lo più motivabili con differenze nella tecnologia produttiva; essi hanno trovato che anzi il costo medio ed il costo marginale di produzione sono direttamente proporzionali alla dimensione del sistema mentre quest'ultima variabile a sua volta è proporzionale all'utilizzo della capacità offerta; tuttavia solo nel breve periodo le aziende più piccole fanno registrare le maggiori economie.

Fernández et al (2005) criticano gli studi precedenti in quanto raggiungono risultati contrastanti circa l'esistenza di economie di scala per le aziende di trasporto pubblico urbano e cercano di superarne le criticità riscontrate sviluppando un modello di costo microeconomico per la produzione dei servizi di autobus in un corridoio che prende in considerazione solo i fattori forniti dagli operatori. Gli autori evidenziano che, a differenza di altri lavori sullo stesso tema, essi hanno sviluppato modelli di produzione e costo di tipo multiprodotto che considerano come prodotti differenti i servizi realizzati durante i periodi di picco e non di picco dell'offerta. Il modello, che tiene conto dell'influenza della struttura della domanda servita sulla capacità produttiva del corridoio, è utilizzato per analizzare il grado di economia di scala e di scopo con e senza congestione nel corridoio. Ne risulta che nel breve periodo esistono economie di scala conseguenza della presenza di costi fissi di investimento più sensibili quanto più elevati sono questi ultimi e quanto minore è il volume complessivo della produzione. Nel lungo periodo le economie di scala sono conseguenza solo della ripartizione dei costi fissi di amministrazione su una maggiore quantità di prodotto. La differenziazione introdotta fra le produzioni nel periodo di picco e non di picco ha consentito di verificare che l'offerta nel secondo periodo incide solo con il costo marginale e che il picco di offerta è causa di diseconomie. Relativamente alla complementarità dei costi è stata verificata sempre l'esistenza di economie di scopo nel senso che si realizzano costi più bassi nel produrre una certa offerta con un'unica flotta di veicoli e conducenti anziché con due flotte distinte di dimensione pari ciascuna alla metà. Dette economie di scopo sono conseguenza sia delle economie di scala che delle diseconomie dei periodi di picco dell'offerta e tendono a ridursi al crescere

della differenza di offerta fra periodo di picco e non di picco; risentono inoltre della congestione in modo differente nei periodi di picco o non di picco dell'offerta: nel primo caso la congestione riduce le economie di scopo, nel secondo caso le incrementa.

Matthew (2004) evidenzia che in numerosi studi precedenti si sono utilizzati dati relativi a sistemi di trasporto pubblico fortemente eterogenei che hanno comportato un errore connesso alla dimensione dei sistemi stessi e si sono inoltre utilizzate misure differenti per i prodotti; ciò è stato causa della difficoltà di generalizzare i risultati e della discordanza di questi ultimi per quanto attiene alle relazioni emerse fra l'efficienza ed alcune caratteristiche del servizio quali la dimensione aziendale. Nel suo studio Matthew analizza un campione di 256 sistemi di trasporto urbani su gomma (dati del *USA National Transit Database*) nel periodo di tempo fra il 1990 e il 1994 per valutare le performance efficienza ed efficacia e la relazione fra queste, e misurare le economie di scala. Nella valutazione di efficienza ed efficacia i modelli utilizzano gli stessi input ma differenti *output*: nel primo caso il prodotto è misurato in veicoli x km /anno, nel secondo, in numero di utenti / anno. L'approccio adottato è quello dell'analisi di inviluppo dei dati e quello della frontiera di efficienza opportunamente corretta con un parametro aleatorio. I risultati ottenuti sono diversi per i 6 gruppi in cui i sistemi di trasporto pubblico sono stati divisi sulla base del numero di veicoli che compongono la relativa flotta; esiste tuttavia per tutti i gruppi una proporzionalità diretta fra le due performance efficienza ed efficacia, cioè i sistemi efficienti tendono generalmente ad essere anche efficaci. Inoltre si conferma quanto già emerso da altri studi circa l'andamento ad "U" rovesciata di ciascuna delle due performance, nonché della combinazione delle due, rispetto alla dimensione della flotta di veicoli. In particolare la dimensione del sistema a cui corrisponde la massima efficienza è individuabile intorno al valore di 550 veicoli, mentre quella per raggiungere la massima efficacia si colloca intorno ai 150 veicoli.

Una ulteriore conferma dell'andamento ad "U" del costo rispetto alla produzione è fornita da Jorgensen et al. (1997): sotto due ipotesi alternative riguardanti la distribuzione dell'inefficienza fra gli operatori, viene stimata una funzione della frontiera di costo stocastico basata sui dati di 170 delle 175 aziende di trasporto pubblico norvegesi titolari di contributo, la cui dimensione, misurata in veicoli x km / anno, è compresa fra 4.500 e 24,3 milioni, con una media di 1,6 milioni e pertanto molto vicina a quella del panorama italiano. Oltre a rilevare valori del costo medio leggermente favorevoli alle aziende di dimensione intermedia con conseguente andamento debolmente ad "U" della curva rappresentativa, gli autori hanno trovato che l'efficienza non è correlata alla proprietà dell'azienda (pubblica o privata), ma piuttosto al meccanismo di determinazione del contributo che influisce positivamente sulla riduzione dei costi quando è basato su criteri che adottano come parametro un costo standardizzato.

Un aspetto che influisce sui costi di produzione è certamente il tipo di contratto che l'azienda stipula con l'ente

pubblico che ha competenza sui servizi da offrire: è intuitivo pensare che forme contrattuali che prevedano meccanismi incentivanti l'efficienza dell'azienda possano dar luogo ad economie. Una verifica dell'influenza di tali meccanismi è piuttosto complessa in Italia per via della impossibilità degli enti locali di scegliere il tipo di contratto di affidamento, il che rende impossibile, nello stesso arco temporale, trovare aziende che operano secondo tipologie di contratto differenti. Uno studio in questa direzione è stato sviluppato da Dalen e Gomez-Lobo (2003) che hanno indagato sull'effetto di tre tipologie di contratto possibili in Norvegia nel periodo considerato: quello basato su una negoziazione diretta fra ente affidante e azienda affidataria del servizio, quello che adotta parametri di riferimento quali il costo standardizzato e quello regolato dal *subsidy-cap* che consiste nel concordare una percentuale di riduzione annua del contributo di esercizio per i cinque anni di durata del contratto. Gli autori hanno esaminato un elevato numero di aziende in un arco temporale di 11 anni (1136 osservazioni) avvalendosi di un modello di frontiera di costo di tipo lineare. Si è potuto rilevare che i contratti che adottano parametri di riferimento presentano costi che si allontanano solo del 7,6% dalla frontiera di costo, a differenza dei contratti con il *subsidy-cap* che rimangono al di sotto per il 13,2% e di quelli regolati da negoziazione che permangono al di sotto della frontiera di almeno il 18%, dimostrando quindi una maggiore spinta all'efficienza dei contratti che regolano le compensazioni sulla base di parametri di riferimento quale il costo standard.

L'influenza di tecnologie avanzate e di pratiche di gestione sulla produttività dei sistemi di trasporto pubblico sensibili alla domanda (*Demand responsive transit DRT*) destinati ai disabili è stata analizzata da Palmer et al. (2008). Essi hanno condotto una indagine sull'adozione di sistemi computerizzati di invio (*Paratransit computer aided dispatching CAD*) e specifiche regole operative su un campione di 67 aziende di trasporto che svolgono il servizio in grandi e medie città degli USA; hanno quindi messo in relazione le informazioni raccolte, relative a 28 caratteristiche operative, con la produttività (definita come quantità di prodotto per unità di input) descritta attraverso le performance fornite dal *USA National Transit Database* (NTD) rilevando l'influenza di tali caratteristiche operative sulla produttività e sui costi. Le elaborazioni hanno dimostrato che l'adozione di sistemi CAD, finalizzati a raggruppare più viaggi richiesti in una stessa corsa, aumenta il carico dei veicoli e quindi l'efficacia del servizio pur non riuscendo ad influire sui costi e quindi sull'efficienza e che comunque solo il 10% della variabilità dei costi operativi è attribuibile alle caratteristiche indagate evidenziando pertanto la necessità di ulteriori ricerche sul tema.

Una sintesi della letteratura analizzata conduce ad individuare tra le funzioni di tipo lineare o translogaritmico le più utilizzate per descrivere il costo del trasporto pubblico su gomma; è altresì possibile raggruppare le variabili in grado di influire sull'efficienza e quindi sui costi in tre categorie che rispecchiano le caratteristiche dell'azienda produttrice, del servizio offerto e dell'ambiente in cui si

Tabella 2.1 - Variabili in grado di influire sul costo del trasporto pubblico

Categoria	Variabile	Unità di misura
Caratteristiche aziendali	Dimensione aziendale (prodotto)	veicoli x km / anno
	Dimensione aziendale (flotta)	numero veicoli impiegati
	Concomitanza di scopo	numero di servizi differenti offerti
Caratteristiche del servizio	Estensione rete	km di rete
	Densità di rete	km di rete / kmq di territorio
	Densità del servizio	veicoli x km / anno km di sviluppo di rete
	Intensità del servizio	veicoli x km piccolo
		veicoli x km non piccolo
	Densità di utenza (intensità d'uso) della rete	numero utenti / anno km di rete
	Densità di utenza (intensità d'uso) del servizio	numero utenti / anno veicoli x km / anno
Caratteristiche ambientali	Velocità commerciale media	km / h
	Tipologia di contratto (norme che regolano i sussidi pubblici)	-----

opera, secondo la tabella 2.1.

3. Le metodologie

La stima del costo di un servizio di trasporto può essere condotta attraverso due metodi:

- quello sintetico o *top-down* che consiste nel definire il costo sulla base delle caratteristiche del servizio che su di esso influiscono;
- quello analitico o *bottom-up* consistente nella somma dei costi dei fattori della produzione.

Nel primo caso è necessario conoscere le relazioni che legano le variabili rappresentative delle caratteristiche del servizio alla variabile costo. Nel secondo caso deve essere noto il costo di ciascuna delle attività che concorrono alla produzione del servizio. Entrambi i metodi tuttavia, sono utilizzati sulla base di input rappresentativi di situazioni reali che certamente non sono sempre di massima efficienza e danno luogo ad un valore del costo stimato che, di conseguenza, rappresenta un costo reale ma non necessariamente di massima efficienza e che quindi non è lecito assumere come obiettivo. Il costo standard o obiettivo può ottenersi con gli stessi metodi a condizione di riuscire ad attribuire valori di massima efficienza ai parametri di cui esso è funzione.

Purtroppo i differenti pesi esercitati sul mercato da ciascuna amministrazione comunale, da un lato e dall'impresa esercente il servizio, dall'altro e la oggettiva difficoltà delle Regioni di definire costi standard per i servizi urbani successivamente alla L.151/81 hanno determinato talvolta il riconoscimento di costi che differiscono in modo consi-

stente da un comune ad un altro a fronte di servizi resi che risultano decisamente assimilabili per dimensione e caratteristiche anche ambientali. Ciò fa sospettare, in alcuni casi, l'esistenza di non trascurabili margini di inefficienza e spiega conseguentemente la differenza talvolta sensibile che si rileva fra il costo stimato e quello reale.

Le metodologie qui proposte mirano a fornire strumenti operativi per la stima di valori di riferimento del costo unitario del trasporto pubblico urbano che tengano conto, per quanto possibile, delle specificità del servizio e dell'ambiente in cui esso viene prodotto e contemporaneamente di livelli medi di efficienza, cercando di trarre indicazione dalla generalizzazione delle caratteristiche dei servizi offerti in un certo ambito più che dello specifico servizio. È evidente quindi che il costo di riferimento calcolato su un determinato campione di servizi porti in conto, sebbene in misura limitata, le eventuali inefficienze produttive di alcuni elementi in esso compresi.

3.1 Il metodo sintetico

Consiste nell'individuare le variabili descrittive del servizio e dell'ambiente che maggiormente incidono sul costo e ricavare quest'ultimo attraverso i valori raggiunti dalle prime. Le relazioni che legano dette variabili indipendenti alla variabile dipendente rappresentata dal costo del servizio possono essere esplicitate attraverso uno specifico modello di costo oppure essere definite solo in modo implicito, individuando, nell'ambito del campione esaminato, corrispondenze fra intervalli significativi di tali variabili e valori del costo.

Il modello sintetico del costo chilometrico del trasporto pubblico urbano di seguito sviluppato si basa sulla interpretazione delle relazioni fra il costo unitario e le variabili rappresentative di alcune caratteristiche del servizio o dell'ambiente in cui viene prodotto, sviluppate a partire da un data base.

La procedura basata sulla suddivisione in classi consiste nell'individuare intervalli significativi di variazione delle variabili ed associare a ciascuno di tali intervalli un valore del costo unitario dei servizi ricavato come media dei costi dei servizi che ricadono in tale intervallo.

Il modello di costo

La costruzione del modello si avvale dello strumento dell'analisi statistica, con relativa verifica di correlabilità (misura della capacità previsionale del modello) e di inferenza statistica (assenza di previsioni di tipo casuale).

È opportuno ridurre al minimo il numero di variabili indipendenti presenti nel modello (criterio di parsimonia). Infatti i modelli di regressione con poche variabili esplicative risultano di più facile interpretazione soprattutto perché meno esposti al rischio di multicollinearità tra le variabili indipendenti. Tale rischio si può sintetizzare nella presenza di più variabili esplicative che, avendo un elevato grado di correlazione, non contribuiscono in modo significativo al fenomeno e, per contro, rendono più difficile comprendere l'effetto di ciascuna variabile. Un metodo per la misurazione della multicollinearità, che si può calcolare

per ciascuna delle variabili indipendenti, si basa sul “Variance inflationary factor” (VIF) che è espresso dalla formula:

$$VIF = 1/(1-R^2_j)$$

dove R^2_j è il coefficiente di determinazione che caratterizza il modello in cui la variabile dipendente è X_j e tutte le altre variabili esplicative sono incluse nel modello. In letteratura alcuni ritengono che la soglia di multicollinearità si attesti in corrispondenza di un valore del VIF pari a 10, altri pongono tale frontiera in corrispondenza di un valore 5; nel presente lavoro si suggerisce di fare riferimento a quest’ultima soglia ritenuta maggiormente cautelativa.

L’approccio preferibile nella regressione multipla si basa sull’analisi “Best Subsets” e consiste nella valutazione di tutti i modelli di regressione costruibili con le potenziali variabili scelte sfruttando la potenzialità di calcolo e specifici strumenti informatici. Una volta generati i modelli si provvede al confronto attraverso diversi criteri; il primo riguarda il coefficiente di correlazione corretto R^2_{corretto} (più significativo di R^2 in quanto porta in conto la dimensione del campione statistico), il secondo si basa su una statistica sviluppata da Mallows con il coefficiente statistico C_p che misura la differenza tra il modello di regressione stimato e quello vero.

La formula del coefficiente statistico C_p è:

$$C_p = [(1-R^2_p)(n-T)/(1-R^2_T)] - [n-2(p+1)]$$

in cui:

- p numero di variabili esplicative inserite nel modello;
- T numero totale di variabili da stimare nel modello di regressione completo;
- R^2_p coefficiente di regressione multipla per un modello contenente p variabili esplicative;
- R^2_T coefficiente di regressione multipla per il modello di regressione completo.

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 $(p+1)$. Contestualmente al valore di R^2_{corretto} e di C_p bisogna affidarsi al criterio della parsimonia, della facilità di interpretazione e all’analisi di residui.

La validazione del modello ottenuto viene effettuata attraverso il test F (di Fisher) o test di linearità, il test T (di Student) e la verifica di correlabilità considerando il coefficiente di correlazione R^2 o R^2_{corretto} .

Il test F si fonda sulla scomposizione delle devianze e dei relativi gradi di libertà; si calcola la devianza totale “ SQ_{tot} ” della popolazione di dati ($n-1$ gdl), la devianza della regressione (1 gdl) “ SQ_{regr} ” e la devianza dell’errore “ $SQ_{\text{d'errore}}$ ” ($n-2$ gdl); a questo punto se l’ipotesi H_0 è vera, la varianza d’errore e la varianza della regressione stimano le stesse grandezze e quindi dovrebbero essere simili (non c’è nesso causa-effetto); se invece esiste regressione, quindi H_0 è falsa, la varianza della regressione è maggiore di quella d’errore. Il rapporto tra queste due varianze determina il valore del test F con gdl 1 e $n-2$:

$F(1,n-2) = (\text{Varianza della regressione} / \text{Varianza dell'errore})$

In sintesi, calcolato $F(1,n-2)$, si vanno a stimare i valori critici delle tavole sinottiche della probabilità di Fisher e, fissata la soglia che nel nostro caso è pari a 0,05 (5% di probabilità di commettere errori di tipo I, ovvero di rifiutare l’ipotesi nulla quando in realtà è vera), si va a confrontare il valore calcolato di F con quello stimato; nel caso in esame, nel tabulato di *output* verrà riportato il valore della probabilità di commettere errori di tipo I corrispondente al valore di significatività F stimato; evidentemente se tale probabilità è minore di 0.05 la verifica è soddisfatta.

Il test T è fondato sul rapporto tra il valore del coefficiente angolare b ed il suo errore standard S_b . La formula generale può essere scritta come:

$$t_{(n-2)} = (b - \mu_0) / S_b$$

con μ_0 valore atteso ed S_b determinato dalla radice quadrata del rapporto tra la dispersione dei dati sperimentali Y intorno alla retta di regressione e la devianza totale di X . Per la verifica di inferenza si suggerisce una soglia per il valore di significatività pari a 0.05.

Le variabili indipendenti da comprendere nel modello sono quelle che, in accordo con quanto emerso dall’analisi della letteratura scientifica del settore, influiscono più marcatamente sul costo del servizio e cioè le percorrenze reali (busx km/anno), il numero di itinerari, il numero totale di corse, l’estensione della rete (km). La velocità commerciale è strettamente legata al costo del personale di movimento che rappresenta il fattore di produzione più oneroso per l’azienda: a valori ridotti della velocità corrispondono basse rese del servizio e pertanto scarsa produttività degli addetti al movimento. Le altre variabili consentono di leggere la dimensione e la complessità del servizio svolto e perciò sono rappresentative di eventuali economie di scala, di densità e di intensità del servizio svolto.

La suddivisione in classi

Un’alternativa alla costruzione del modello sintetico consiste in una clusterizzazione basata su intervalli rappresentativi delle variabili che influiscono sul costo.

La procedura utilizza le stesse variabili comprese nel modello precedentemente costruito, in quanto sufficientemente rappresentative del costo che si vuole determinare. Essa prevede la individuazione, partendo dal data-base disponibile, di classi definite da intervalli rappresentativi per ciascuna delle variabili che condizionano il costo e successivamente il posizionamento dei servizi in ogni classe sulla base del valore raggiunto da ciascuna delle variabili che li caratterizzano. Ad ogni classe si associa un costo unitario medio del servizio calcolato come media dei costi unitari, pesati sul valore della variabile associata a ciascuno dei servizi che ricadono nella classe. Per ogni comune si ottiene quindi un valore del costo unitario in base alla classe in cui ricade relativamente a ciascuna delle variabili significative. È quindi possibile ottenere un unico valore di riferimento per ciascun servizio come media dei valori anzidetti riferiti a ciascuna variabile.

Tabella 4.1 - Valori delle variabili indipendenti e dipendente adottati nella regressione multipla

Comune	Percorrenza 2005 (busxkm/anno)	n° di itinerari	n° di corse	Estensione della rete (km)	velocità commerciale (km/h)	costo reale (Euro/busxkm)
FrancaVilla sul Sinni	48.495	1	12	15	32,8	1,55
Latronico	112.102	10	35	92	27,0	1,65
Lauria	206.562	15	62	253	23,4	1,83
Lavello	120.320	3	26	65	26,0	2,08
Melfi	544.981	7	166	129	30,0	1,73
Pignola	130.080	8	26	266	36,0	0,91
Rapolla	45.160	2	14	42	35,8	1,21
S. Fele	46.870	1	2	136	27,2	1,88
Vietri di Potenza	53.160	2	32	87	25,2	1,10
Viggianello	201.599	11	39	258	26,0	1,23
Matera	1.434.495	34	288	336	25,0	2,83
Nova Siri	58.240	1	18	12	24,0	1,31
Pisticci	225.872	7	72	130	27,0	2,12
Scanzano Jonico	68.162	4	12	75	25,9	1,78
Stigliano	66.490	3	14	40	25,0	1,65
Media	224.306			129	27,7	

Tab. 4.2 - Sintesi dei modelli che soddisfano la verifica di Mallows con campitura grigia del migliore

	Cp	p+1	R ²	R ² _{corr.}	Std. Error	Consider this Model?
X1X2X3X4X5	6	6	0,638369	0,437462793	0,361681	Yes
X1X2X3X5	4,790835	5	0,606592	0,449229075	0,357879	Yes
X1X2X4X5	4,190564	5	0,630712	0,482996573	0,346735	Yes
X1X2X5	3,053329	4	0,596045	0,485875317	0,345768	Yes
X1X3X4X5	4,044032	5	0,6366	0,491239524	0,343959	Yes
X1X3X5	3,188534	4	0,590612	0,478960949	0,348085	Yes
X1X4	2,894352	3	0,52207	0,442415358	0,360086	Yes
X1X4X5	2,300842	4	0,626281	0,524357297	0,332576	Yes
X1X5	1,309579	3	0,585748	0,516706522	0,33524	Yes
X2X3X4X5	4,891549	5	0,602545	0,443563575	0,359715	Yes
X2X4X5	3,969436	4	0,559235	0,439025825	0,361179	Yes
X3X4X5	3,713291	4	0,569527	0,452125041	0,356937	Yes
X3X5	2,20482	3	0,549777	0,474739334	0,349493	Yes

3.2. Il metodo analitico

La metodologia analitica nel seguito descritta prevede la stima del costo di tutti i fattori, diretti e indiretti, impiegati nel processo produttivo.

Le voci di costo in cui viene scomposto il costo complessivo sono relative a personale, trazione, manutenzione, impianti, spese generali.

Il *costo del personale* nel suo complesso si compone degli oneri per gli addetti al movimento ($C_{mov.}$), per il personale amministrativo ($C_{amm.}$), per quello ausiliario ($C_{aus.}$) e per il direttore di esercizio (previsto in aziende di maggiori dimensioni) o responsabile d'esercizio (in aziende più piccole) ($C_{D.es./R.es.}$) e cioè:

$$C_p = C_{mov.} + C_{amm.} + C_{aus.} + C_{D.es./R.es.}$$

Il costo del personale di movimento si può calcolare con la seguente espressione:

$$C_{mov.} = H_s / C_u / H_L * C_p \quad (1)$$

Dove:

H_s ore di servizio rese al pubblico in un anno (deducibile dal programma di esercizio);

C_u coefficiente di utilizzazione = ore di servizio rese al pubblico in un anno / ore di lavoro rese all'anno complessivamente da tutti gli addetti;

H_L ore di lavoro rese all'anno da ciascun addetto (dai contratti collettivi di categoria, dedotte ferie, e assenze varie);

C_p costo medio annuo per addetto (dai contratti collettivi di categoria con l'aggiunta di oneri diversi).

L'applicazione di questa formula richiede la stima del coefficiente di utilizzazione dello specifico servizio, non sempre facilmente realizzabile. In alternativa il costo deve essere dedotto direttamente dalla documentazione contabile del servizio con il conseguente limite di portare in conto eventuali inefficienze organizzative dei turni di servizio. In ogni caso, ai fini di ottenere dalla procedura un costo di riferimento il più possibile prossimo a quello obiettivo, cioè di massima efficienza, è preferibile applicare la formulazione (1) procedendo ad una specifica stima del coefficiente di utilizzazione anche come valore medio fra servizi assimilabili per caratteristiche proprie e ambientali.

Il costo di riferimento per il personale amministrativo e per quello ausiliario si può stimare come un'aliquota di quello per il personale di movimento eventualmente avvalendosi di quanto stabilito in proposito da alcune regioni nella definizione del costo standardizzato ai sensi della L.151/1981. Per il direttore o responsabile di esercizio è opportuno fare riferimento ai contratti collettivi di categoria.

Il *costo di trazione*, somma del costo del carburante, dei lubrificanti e degli pneumatici, va determinato con riferimento ai listini ufficiali vigenti per tali prodotti. Per i consumi di carburante e lubrificanti si può fare riferimento ai dati forniti

dalle case costruttrici oppure ai valori definiti da alcune regioni nella determinazione del costo standard provvedendo ad effettuare gli eventuali aggiornamenti necessari.

Gli *oneri per la manutenzione* dei veicoli sono scomponibili in tre aliquote relative rispettivamente al materiale di consumo, ai ricambi e al lavoro. I dati sono desumibili dai programmi di manutenzione definiti dalle case costruttrici dei veicoli che indicano anche le ore di lavoro necessarie per effettuare ciascuna operazione; il costo dei ricambi può desumersi dai listini ufficiali applicando eventuali sconti. Alcune regioni nell'ambito delle norme emanate per la definizione del costo standard hanno stabilito per le manutenzioni un costo chilometrico onnicomprensivo differenziato per tipologie di veicolo ed impiego.

Tabella 4.3 - Riepilogo delle verifiche di inferenza e correlabilità statistica del modello

OUTPUT RIEPILOGO					
Statistica della regressione					
R multiplo	0,791379				
R al quadrato	0,626281				
R al quadrato corretto	0,524357				
Errore standard	0,332576				
Osservazioni	15				
ANALISI VARIANZA					
	gdl	SQ	MQ	F	Significatività F
Regressione	3	2,038911	0,679637	6,144619	0,010393
Residuo	11	1,216675	0,110607		
Totale	14	3,255586			
	Coefficienti	Errore standard	Stat t	Valore di significatività	Inferiore 95%
Intercetta	2,662744	0,642436	4,144763	0,001631	1,248752
Percorr. reali	0,000001	0,000000	3,307703	0,006982	0,000000
Estensione rete	-0,001234	0,001130	-1,092255	0,298066	-0,003721
Vel. com. media	-0,039180	0,022371	-1,751375	0,107677	-0,088418

Il *costo dei veicoli* è costituito dall'ammortamento e dai costi connessi alla circolazione (tassa di possesso e assicurazione). Il primo viene calcolato su un piano di ammortamento standard (di solito 10 anni) ed in base al prezzo di listino al netto dell'IVA e dei contributi.

La disponibilità di impianti per il ricovero e la manutenzione dei veicoli (deposti e officine) nonché di immobili per lo svolgimento di funzioni amministrative incide con una specifica voce sul costo complessivo del servizio. Detta voce è da considerarsi solo come *costo di ammortamento* dato che gli oneri di gestione degli stessi impianti ricadono fra le *spese generali*. Queste ultime possono essere stimate come aliquota del costo complessivo in accordo con quanto stabilito dalla maggior parte delle regioni in materia di determinazione del costo standardizzato per i servizi di trasporto pubblico locale.

4. L'esperimento

Al fine di evidenziare le potenzialità applicative dei metodi sintetici prima esposti per la stima del costo del trasporto pubblico urbano, si è sviluppata un'applicazione e si sono confrontati i risultati conseguiti dal modello di costo e dalla procedura di suddivisione in classi.

La base dati utilizzata (tabella 4.1) è costituita dal 38% dei servizi di trasporto pubblico di competenza dei comuni della Basilicata titolari di contributo regionale per l'esercizio (18 sul totale di 47) che si riduce al 32% (15 su 47) considerando solo i comuni per i quali si dispone di dati completi (comprensivi della velocità commerciale). I valori

delle variabili indipendenti e dipendente sono stati tratti dal campione con la conseguenza che il costo stimato con i metodi esposti può risultare più prossimo al costo obiettivo (costo standardizzato) oppure al costo reale, in funzione di quanto i servizi compresi nel campione siano efficienti.

L'interpretazione delle relazioni fra costo e caratteristiche del servizio è peraltro resa più difficile da una disomogeneità del campione: infatti, mentre i comuni maggiori sviluppano il servizio di trasporto pubblico di propria competenza prevalentemente all'interno del perimetro urbano, quelli più piccoli invece dispongono di un servizio di tipo quasi esclusivamente comunale cioè di collegamento delle frazioni e dei nuclei rurali con il centro abitato principale. Questa disomogeneità si evidenzia soprattutto nei valori delle velocità commerciali, più contenute per i comuni maggiori, sebbene piuttosto alte per un trasporto urbano (valore minimo = 23 km/h), e decisamente "elevate" per i comuni di minore dimensione (valore massimo = 36 km/h); in qualche caso, tuttavia, la presenza di una viabilità extraurbana di standard molto modesti avvicina la velocità commerciale del servizio svolto in ambito comunale ai valori più bassi.

4.1 Il metodo sintetico

Per individuare le variabili indipendenti che maggiormente influiscono sulla variabile dipendente costo unitario relativamente al campione esaminato, si sono analizzate tutte le possibili combinazioni tra le variabili dipendenti nel seguito riportate e già precedentemente individuate:

- X1: percorrenza annuale (busx km/anno);
- X2: numero di itinerari;
- X3: numero totale di corse;
- X4: estensione della rete (km);
- X5: velocità commerciale (km/h).

Il modello di costo

Tra i modelli che soddisfano la verifica di Mallow, riportati nella tabella 4.2, il migliore, cioè quello a cui compete il valore più elevato del coefficiente di correlazione corretto R^2_{corretto} e privo di multicollinearità, risulta espresso dalla relazione seguente:

$$C = 2,662 + 1,076 \cdot 10^{-6} X1 - 0,00123 X4 - 0,03918 X5 \quad (2)$$

Con

- C costo unitario (Euro/ bus x km)
- X1 percorrenze reali (busxkm/anno),
- X4 estensione della rete (km),
- X5 velocità commerciale media (km/h).

Il modello selezionato mostra un costo unitario crescente con le percorrenze e quindi l'esistenza di diseconomie di scala. Tale fenomeno, generalmente

Figura 4.1 - Andamento dei residui della variabile "percordanze reali"

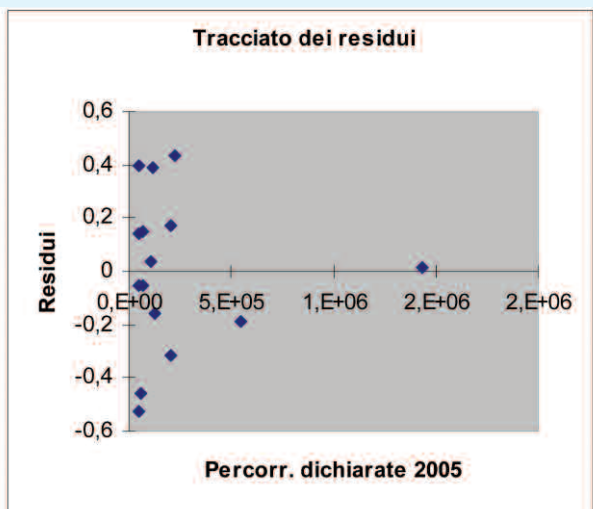


Figura 4.2 - Andamento dei residui della variabile "estensione della rete"

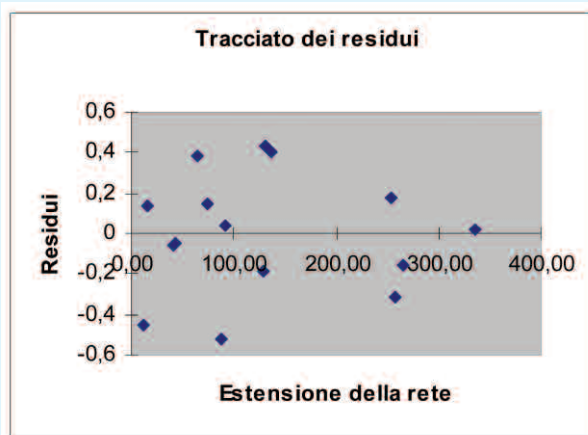


Figura 4.3: Andamento dei residui della variabile "velocità commerciale"

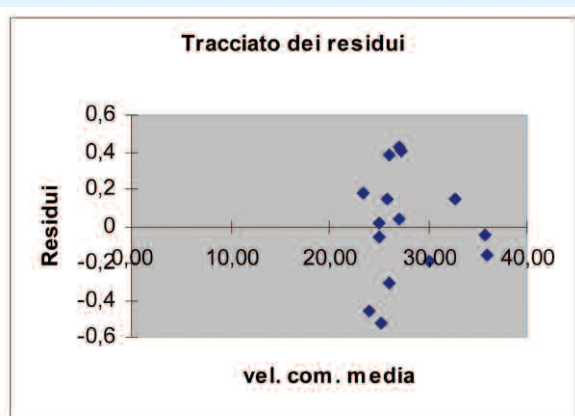


Figura 4.4 - Tracciato delle approssimazioni della variabile "percordanze reali"

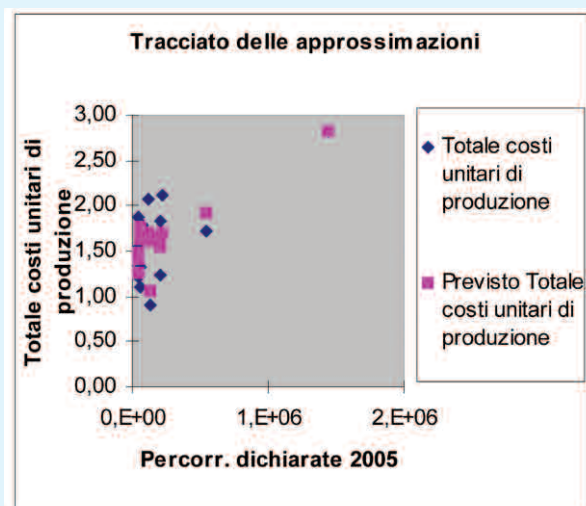


Figura 4.5 - Tracciato delle approssimazioni della variabile "estensione della rete"

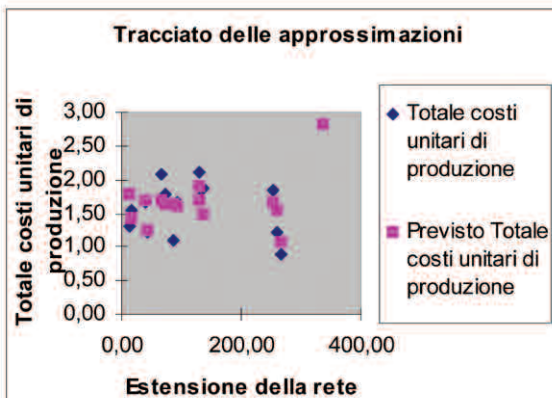


Figura 4.6 - Tracciato delle approssimazioni della variabile "velocità commerciale"

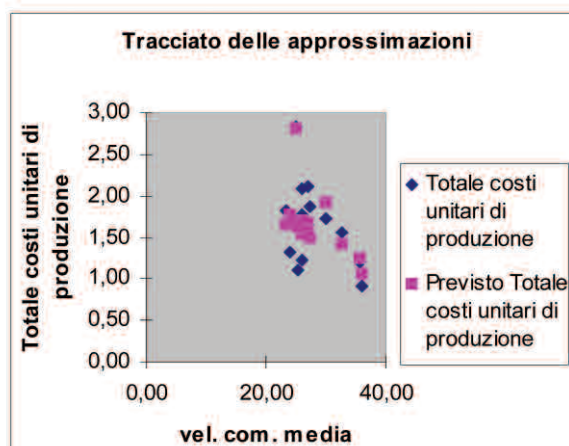


Figura 4.7 - Andamento dei costi reali e di quelli stimati con il modello

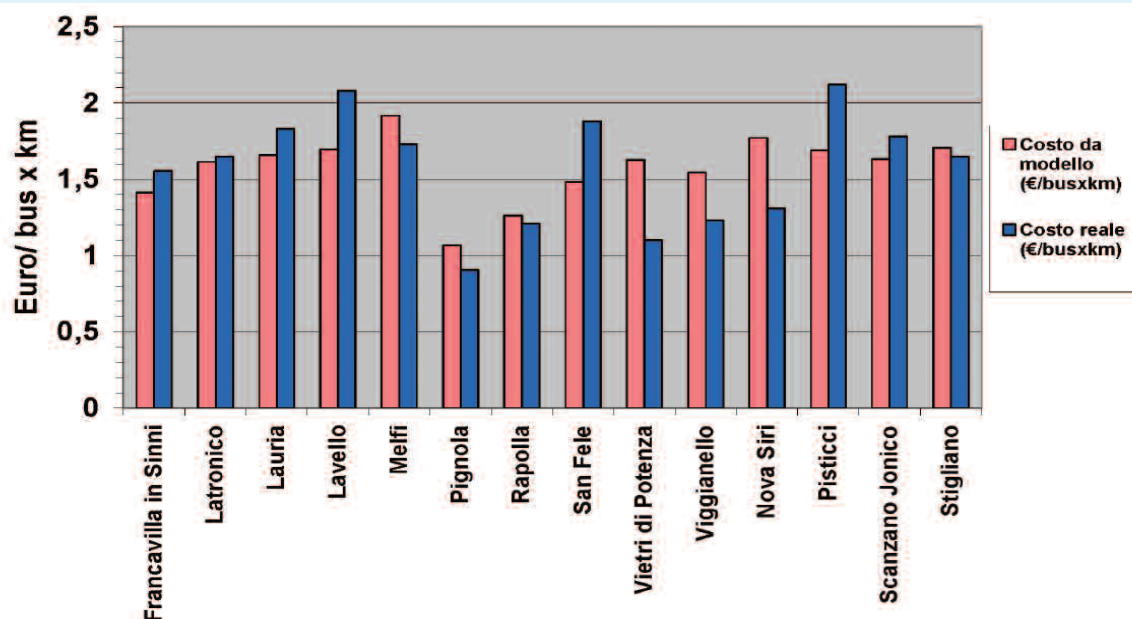


Tabella 4.4 - Costi medi per classe di estensione della rete

Classe	n° di comuni appartenenti alla classe	Estensione della rete (km)	Costo/km medio pesato sulla classe (Euro/busxkm)
A	6	< 70	1,398
B	6	[70-130]	1,628
C	4	[130-270]	1,398

Tabella 4.5 - Costi medi per classe di velocità commerciale

Classe	n° di comuni appartenenti alla classe	Velocità comm. (km/h)	Costo/km medio pesato sulla classe (Euro/busxkm)
A	6	< 26	1,534
B	6	[26-30]	1,782
C	3	> 30	1,280

Tabella 4.6 - Costi medi per classe di percorrenze

Classe	n° di comuni appartenenti alla classe	Percorrenze 2005 (bus/km/anno)	Costo/km medio pesato sulla classe (Euro/busxkm)
A	6	≤ 60.000	1,383
B	6	[60.000-130.000]	1,757
C	6	≥ 130.000	1,593

confermato dalla ricerca del settore, può trovare spiegazione nell'aumento della complessità organizzativa al crescere delle dimensioni del servizio. Il costo unitario risulta invece inversamente proporzionale all'estensione della rete e alla velocità commerciale evidenziando la presenza di economie di intensità ed economie connesse a fattori ambientali favorevoli, nella fattispecie di circolazione stradale.

La suddivisione in classi

Con riferimento alla tabella 4.1 dei valori delle variabili selezionate per il campione scelto si riportano gli intervalli significativi di variazione individuati per ciascuna variabile ed il corrispondente valore medio del costo.

Il confronto tra i costi stimati con il metodo sintetico e quelli reali relativi al campione selezionato riportato in tabella 4.7, mostra in alcuni casi significative convergenze, in altri forti divergenze come è da attendersi dal momento che le metodologie proposte hanno il pregio di generalizzare il costo chilometrico a scala regionale riequilibrando i valori estremi attraverso un andamento più uniforme del fenomeno. Valutando i risultati nel loro complesso attraverso la varianza calcolata sulla differenza percentuale fra i valori simulati con ciascuna metodologia ed i valori reali si nota una maggiore rispondenza del modello sintetico (4,50%) rispetto alla suddivisione in classi (9,34%). Ciò conferma l'opportunità di optare per metodologie più raffinate che riescono meglio ad interpretare il fenomeno nella sua complessità.

4.2 Il metodo analitico

Si è ritenuto superfluo sviluppare un calcolo del costo di riferimento attraverso l'applicazione di questo metodo poiché non presenta difficoltà concettuali ma necessita soltanto della disponibilità di alcuni dati e costi unitari. Si sono invece riportati alcuni parametri utili per il calcolo, stabiliti dalle norme regionali sul costo standardizzato. Tali

Tabella 4.7 - Raffronto fra costi stimati con il modello e con la suddivisione in classi e costi reali

Comune	Percorrenza 2005	Classe di velocità commerciale	Classe di percorrenza	Classe di estensione della rete	Costo da suddivis. in classi (Euro/busxkm) (A)	Costo da modello (Euro/busxkm) (B)	Costo reale (Euro/busxkm) (C)	(A - C) / C (%)	(B - C) / C (%)
Francavilla sul Sinni	48.495	C	A	A	0,825	1,414	1,554	-88,38%	-9,03%
Latronico	112.102	B	B	B	1,699	1,614	1,65	2,89%	-2,21%
Lauria	206.562	A	C	C	1,139	1,658	1,83	-60,70%	-9,39%
Lavello	120.320	B	B	A	1,459	1,695	2,08	-42,56%	-18,51%
Melfi	544.981	B	C	B	1,54	1,917	1,73	-12,30%	10,79%
Pignola	130.080	C	C	C	0,95	1,067	0,905	4,76%	17,92%
Rapolla	45.160	C	A	A	0,825	1,261	1,21	-46,68%	4,22%
Rotonda	103.580	nd	B	nd	nd	nd	nd	nd	nd
San Fele	46.870	B	A	C	1,148	1,482	1,88	-63,70%	-21,19%
Sant'Arcangelo	60.700	nd	A	nd	nd	nd	2,7	nd	nd
Vietri di Potenza	53.160	A	A	B	1,151	1,626	1,1	4,45%	47,78%
Viggianello	201.599	B	C	C	1,323	1,544	1,23	7,02%	25,57%
Nova Siri	58.240	A	A	A	0,989	1,772	1,31	-32,51%	34,82%
Pisticci	225.872	B	C	C	1,323	1,689	2,12	-60,26%	-20,31%
Policoro	208.237	nd	C	B	1,297	nd	1,21	6,69%	nd
Salandra	35.522	nd	A	A	0,967	nd	1	-3,44%	nd
Scanzano Jonico	68.162	A	B	B	1,463	1,631	1,78	-21,70%	-8,35%
Stigliano	66.490	A	B	A	1,256	1,707	1,65	-31,37%	3,45%
Media	129.785				1,210	1,577	1,585		
Varianza	1,49E+10							9,34%	4,50%

parametri presentano il vantaggio di essere supportati da ampi studi applicativi e quindi, ove non siano interpretativi di specificità locali, risultano facilmente generalizzabili e, se necessario, aggiornabili. In particolare si è fatto riferimento alle norme emanate dalla Regione Basilicata in quanto molto ben dettagliate (L.R.34/1988 e L.R.46/1993), anche in considerazione del fatto che il campione utilizzato per l'esperimento è riferito ad un certo numero di comuni di questa regione.

Per quanto riguarda il costo del personale, tale normativa rapporta il costo del personale ausiliario e di quello amministrativo al costo sostenuto per il personale di movimento, fissando per il primo rapporto il valore unico pari a 0,04 e per il secondo dei valori in funzione della percorrenza annua sviluppata dal servizio, secondo quanto riferito dalla tabella 4.8. Tali valori evidenziano che la necessità di personale amministrativo per unità di prodotto aumenta con la dimensione del servizio associando a tale fattore della produzione una parte importante delle diseconomie di scala già rilevate anche dal modello sintetico di costo messo a punto sul campione in questione ed evidenziate nella letteratura scientifica del settore.

Per i consumi di carburante e lubrificante le stesse norme stabiliscono i valori specifici relativamente ad un autobus lungo o normale in servizio urbano riportati in tabella 4.9.

Tali consumi, con particolare riferimento ai carburanti, hanno subito probabilmente, dall'anno di emanazione della legge (1988) ad oggi, delle riduzioni per effetto del maggiore rendimento (intorno al 15 - 20%) che

caratterizza i motori diesel odierni rispetto a quelli dell'epoca. Pertanto è possibile adottare, almeno per il carburante, un consumo unitario del 15- 20% inferiore al valore tabellato.

Per quanto attiene agli pneumatici, la formula da utilizzare è di seguito riportata insieme ai valori specificati:

$$C_{pneum.} = C_{pn} + C_{ca.} + (C_r * R') \quad (3)$$

$C_{pneum.}$ va diviso per $(P_{nik} + P_{nik} * R')$ e poi moltiplicato per 6 (numero di pneumatici presenti su ciascun veicolo);

C_{pn} costo del pneumatico;

C_{ca} costo della camera d'aria;

C_r costo della ricopertura;

P_{nik} percorrenza pneumatici nuovi (50.000 km);

R' % di ricopertura (60%).

Il costo unitario degli pneumatici viene determinato applicando un opportuno sconto al prezzo di listino.

La già citata normativa della Regione Basilicata per la determinazione del costo standardizzato prevedeva, per il 1990, con riferimento ad una percorrenza annua media di 60.000 km per veicolo, un costo specifico di manutenzione di 0,1747 Euro/busxkm (338,39 lire/busxkm) comprensivo dei ricambi, del materiale di consumo e del lavoro. Tale valore va rivalutato applicando l'aumento medio dei prezzi di listino degli autobus intercorso nel periodo fra il 1990 (Euro 100.709 prezzo standard al 1987) e l'attualità e va inoltre incrementato o ridotto in funzione della percorrenza media dei veicoli se quest'ultima differisce sensibilmente

Tabella 4.8 - Rapporto fra costo del personale amministrativo e costo del personale di movimento per le diverse classi di percorrenza (L.R. Basilicata 46/1993 art.2)

Percorrenza (busxkm/anno)	Coefficiente moltiplicativo mp
0 – 1.000.000	0,06
1.000.001 – 2.000.000	0,07
2.000.001 – 3.000.000	0,08
3.000.001 – 7.000.000	0,09
Oltre 7.000.000	0,10

Tabella 4.9 - Consumi unitari olio, carburante e antigelo

Carbur. (lit/km)	Olio motore (gr./km)	Olio cambio (gr./km)	Olio ponte (gr./km)	Olio servost. (gr./km)	Antigelo (gr./km)
0,555	3,3	2,2	0,38	0,09	0,60

Tabella 4.10 - Rapporto fra spese generali e totali in funzione delle classi di percorrenza (L.R. Basilicata 46/1993 art.2)

Percorrenza (busxkm/anno)	Spese generali / spese totali
0 – 1.000.000	0,025
1.000.001 – 2.000.000	0,030
2.000.001 – 3.000.000	0,040
3.000.001 – 7.000.000	0,060
Oltre 7.000.000	0,090

dal valore di riferimento.

Il costo dei veicoli (ammortamento tassa di possesso e assicurazione) deve essere calcolato sulla base del numero di veicoli strettamente necessari a realizzare il programma di esercizio aumentato del 10% per tener conto della necessaria scorta.

Sicuramente più delicata è la determinazione di valori standardizzati per il costo di ammortamento degli impianti; ciò comporta infatti la quantificazione di superfici standard di impianti ammissibili e del periodo di ammortamento nonché la stima del valore di mercato di tali beni. Evidentemente non è possibile fornire indicazioni generali sul valore degli impianti che risente certamente del prezzo dei suoli su cui essi sorgono; per contro circa le superfici standard ammissibili all'ammortamento, è possibile trarre spunto dalla normativa regionale citata precedentemente che prevede le superfici di mq. 50 per autobus impiegato nello svolgimento del servizio, relativamente alle officine e mq. 45 per addetto amministrativo standard, per quanto attiene alle sedi amministrative, con un periodo di ammortamento rispettivamente di 30 e 20 anni.

Anche relativamente alle spese generali, come già

evidenziato a proposito degli oneri per il personale amministrativo, le norme citate riconoscono l'esistenza di diseconomie di scala stabilendo per tale fattore aliquote di costo crescenti con il prodotto (percorrenze sviluppate dal servizio), secondo la tabella 4.10.

5. Alcune considerazioni

L'applicazione sviluppata conferma i risultati della ricerca internazionale circa l'efficienza dei servizi di trasporto pubblico e fornisce indicazioni operative per la stima di un costo di riferimento.

La specificità del data-base utilizzato nell'applicazione, relativo al trasporto pubblico di interesse di comuni di piccole dimensioni insediative, è evidenziata dalle percorrenze dei servizi considerati, quasi sempre molto ridotte, comprese fra i circa 45.000 e 1,4 milioni di busxkm/anno (media di 224.000 busxkm/anno). Il costo unitario di servizi di queste dimensioni risulta sensibile alle variabili percorrenza, sviluppo della rete e velocità commerciale. In particolare il modello messo a punto mostra una proporzionalità diretta fra percorrenze e costo, confermando l'esistenza di diseconomie di scala, e proporzionalità inversa fra estensione della rete e costo, a riprova della possibilità di raggiungere economie di densità; ovviamente il costo cresce al ridursi della velocità commerciale.

I valori del costo ottenuti attraverso il metodo sintetico (implementato nel modello e nella metodologia della suddivisione in classi) riportati nella tabella 4.7 mostrano un costo stimato sostanzialmente uguale o non molto distante dal costo reale per diversi comuni del campione selezionato. Le differenze decisamente più marcate riscontrabili in alcuni casi non inficiano la bontà del metodo che, generalizzando la relazione fra costo e caratteristiche del servizio, tende a ridurre i valori estremi riproducendo il fenomeno con un andamento più uniforme.

Sulla efficacia degli strumenti messi a punto incide naturalmente la dimensione e l'affidabilità dei dati del campione esaminato. A tal proposito è da sottolineare che quest'ultimo, nell'applicazione prodotta, oltre ad essere numericamente ridotto presenta limiti connessi con la tipologia di dati in esso contenuti. Infatti i comuni rappresentati sono tutti di piccola dimensione: solo 5 di essi superano i 10.000 abitanti e di questi solo 3 si attestano poco al di sopra dei 15.000; di tutti gli altri, solo 5 superano i 5.000 abitanti. I servizi di trasporto in essi presenti si caratterizzano quindi, oltre che per percorrenze modeste, anche per estensioni della rete talvolta considerevoli rispetto alla percorrenza sviluppata e pertanto si configurano spesso come servizi comunali piuttosto che come propriamente urbani. Questa connotazione può dar luogo a diseconomie connesse ad una scarsa densità di rete ed intensità di servizio (il numero di corse giornaliere è per lo più estremamente ridotto) e ad economie o diseconomie conseguenti rispettivamente ad alcuni fattori ambientali favorevoli (scarso traffico) e ad altri sfavorevoli (viabilità di standard estremamente modesti) in grado di vanificare i primi. Indubbiamente il campione non è rappresentativo di realtà urbane medie e gran-

di dove il servizio di trasporto pubblico si caratterizza per una fitta rete e per frequenze elevate.

Un altro limite attribuibile al campione riguarda il costo unitario dei servizi. Quest'ultimo, pur essendo sempre tratto da documenti ufficiali, solleva non poche perplessità allorché servizi con caratteristiche simili, prodotti in comuni delle stesse dimensioni e con gli stessi aspetti territoriali e insediativi presentano costi notevolmente differenti. C'è da chiedersi quanto le amministrazioni dei comuni minori riescano a programmare servizi di trasporto pubblico efficienti ed efficaci rispetto alle esigenze di mobilità e quanto abbia inciso fino ad oggi nella determinazione del costo, anche ai fini della determinazione dell'importo a base d'asta delle gare per l'affidamento, il potere contrattuale delle aziende esercenti, soprattutto se fortemente radicate sul territorio del comune dove il servizio viene esercitato o in comuni vicini.

D'altra parte non si può escludere che alcuni dei costi unitari più bassi possano risultare accettabili solo per alcune aziende di dimensioni minime a gestione essenzialmente individuale o familiare, in presenza di programmi di esercizio molto particolari che comportano un impiego minimo di personale e capitale, oppure semplicemente per mettere in atto strategie di mercato volte a mantenere monopoli di fatto in un particolare ambito territoriale.

Ne consegue la necessità di approfondire la ricerca ed estendere la verifica delle metodologie proposte ad ambiti più ampi per la messa a punto di strumenti operativi il più possibile generali ed affidabili per calcolare il costo unitario di riferimento per i servizi di trasporto pubblico di interesse comunale che tengano in considerazione condizioni di efficienza e contemporaneamente le specificità del servizio e dell'ambiente in cui viene prodotto.

Il metodo analitico può dare risultati migliori a condizione di riuscire a produrre stime affidabili per il costo di ciascuno dei fattori della produzione. Al di là della possibilità di avvalersi a tal fine di norme regionali e di studi specifici, resta la difficoltà di mettere a punto strumenti di stima di uso generale cioè in grado di fornire valori del costo di ciascun fattore della produzione sulla base di caratteristiche proprie e di impiego dello stesso fattore in modo che tali valori possano essere non quelli reali ma quelli raggiungibili in condizioni di massima efficienza e quindi utilizzabili come valori obiettivo o standard.

Bibliografia

- CAMBINI C., PANICCIA I., PIACENZA M., VANNONI D. (2005), Struttura di costo e rendimenti di scala nelle imprese di trasporto pubblico locale di medie-grandi dimensioni, Ceris-CNR, W.P. n°16/2005.
- DALEN D.M., GOMEZ-LOBO A. (2003), Yardsticks on the road: Regulatory contracts and cost efficiency in the Norwegian bus industry, *Transportation*, 30, 371-386.
- FABBRI D. (1998), La Stima di Frontiere di Costo nel Trasporto Pubblico Locale: una Rassegna e un'Applicazione, *Economia Pubblica*, 3, 55-94.
- FAZIOLI R., FILIPPINI M. E PRIONI P. (1993), Cost Structure and Efficiency of Local Public Transport: The Case of Emilia Romagna Bus Companies, *International Journal of Transport Economics*, 3, 305-324.
- FAZIOLI R., FILIPPINI M. E KÜNZLE M. (2003), Valutazione dell'efficienza delle compagnie di bus italiane e svizzere, in *L'efficienza nei servizi pubblici*, Banca d'Italia, Roma, Luglio, pp. 175-214.
- FERNANDEZ L. J. E., DE CEA C. J., DE GRANGE C. L. (2005), Production costs, congestion, scope and scale economies in urban bus transportation corridors, *Transportation Research Part A*, 39, 383-403.
- FRAQUELLI G., PIACENZA M., ABRATE G. (2001), Il trasporto pubblico locale in Italia: variabili esplicative dei divari di costo fra le imprese, *Economia e Politica Industriale*, n. 111.
- FRAQUELLI G., PIACENZA M. (2003), Caratteristiche del network, meccanismi di sussidio ed efficienza nel trasporto pubblico locale: un commento a "Valutazione dell'efficienza delle compagnie di bus italiane e svizzere" di Fazioli R., Filippini M., Kunzle M., in "L'efficienza nei servizi pubblici", Banca d'Italia, Roma, Luglio, 215-232.
- JORGENSEN F., PEDERSEN P. A., VOLDEN R. (1997), Estimating the inefficiency in the Norwegian bus industry from stochastic cost frontier models, *Transportation*, 24, 421-433.
- LEVAGGI R. (1994), Parametric and Non-Parametric Approach to Efficiency: The Case of Urban Transport in Italy, *Studi Economici*, 49(53), 67-88.
- MATTHEW G. K. (2004), A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems, *European Journal of Operational Research*, 152, 354-364.
- MATTHEW G. K., MCCARTHY P. (2002), Cost structures of public transit systems: a panel data analysis, *Transportation Research Part E*, 38, 1-18.
- PALMER K., DESSOUKY M., ZHOU Z. (2008), Factor influencing productivity and operating cost of demand responsive transit, *Transportation Research, Part A*, 42, 503-523.
- PIACENZA M. (2006), Regulatory Contracts and Cost Efficiency: Stochastic Frontier Evidence from the Italian Local Public Transport, *Journal of Productivity Analysis*, 25(3).