

Misure di efficienza statica e dinamica nel settore dei trasporti pubblici locali

Beniamina Buzzo Margari, Fabrizio Erbetta



© HERMES

Fondazione Collegio Carlo Alberto
Via Real Collegio, 30
10024 - Moncalieri (TO)
Tel: 011 670 5250
Fax: 011 6705089
info@hermesricerche.it
<http://www.hermesricerche.it>

I diritti di riproduzione, di memorizzazione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi microfilm e copie fotostatiche) sono riservati.

PRESIDENTE

Giovanni Fraquelli

SEGRETARIO

Cristina Piai

COMITATO DIRETTIVO

Giovanni Fraquelli (*Presidente*)
Cristina Piai (*Segretario*)
Guido Del Mese (ASSTRA)
Carla Ferrari (Compagnia di San Paolo)
Giancarlo Guiati (GTT S.p.A.)
Mario Rey (Università di Torino)

COMITATO SCIENTIFICO

Tiziano Treu (*Presidente*, Università "Cattolica del Sacro Cuore" di Milano e Senato della Repubblica)
Giuseppe Caia (Università di Bologna)
Roberto Cavallo Perin (Università di Torino)
Carlo Corona (CTM S.p.A.)
Graziella Fornengo (Università di Torino)
Giovanni Fraquelli (Università del Piemonte Orientale "A. Avogadro")
Carlo Emanuele Gallo (Università di Torino)
Giovanni Guerra (Politecnico di Torino)
Marc Ivaldi (IDEI, Université des Sciences Sociales de Toulouse)
Carla Marchese (Università del Piemonte Orientale "A. Avogadro")
Luigi Prosperetti (Università di Milano "Bicocca")
Alberto Romano (Università di Roma "La Sapienza")
Paolo Tesauro (Università di Napoli "Federico" II)

Misure di efficienza statica e dinamica nel settore dei trasporti pubblici locali

Beniamina Buzzo Margari
(*Ceris-CNR**; *HERMES***)

Fabrizio Erbetta
(*Università del Piemonte Orientale****; *Ceris-CNR**; *HERMES***)

Abstract

Il settore italiano del trasporto pubblico locale (TPL) è passato, durante gli anni '90, da un regime di sussidiazione pubblica a consuntivo a forme di regolamentazione maggiormente orientate all'efficienza gestionale. Ciò pone degli interrogativi in merito al progresso/regresso di produttività nel corso del periodo indicato. Attraverso l'utilizzo della Data Envelopment Analysis, viene sviluppata dapprima un'analisi statica, distinguendo gli effetti dell'efficienza manageriale e di scala da quelli legati alla tipologia di servizio prestato. Tale metodologia è stata, poi, estesa per tenere conto degli effetti dinamici, i quali consentono di evidenziare la variazione nel tempo delle diverse componenti di efficienza (manageriale interna, di scala, di comparto e tecnologica). Tra i risultati emerge una certa variabilità dei coefficienti di efficienza. Si osserva, inoltre, che la tipologia di attività svolta dall'impresa influenza il livello di efficienza dinamica. In particolare le imprese che si caratterizzano per un'attività di tipo misto mostrano la migliore propensione alla crescita dell'efficienza.

Keywords: trasporto pubblico locale, DEA, indice di Malmquist.

JEL code: C61; L91.

* Ceris-CNR, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo, Fondazione Collegio Carlo Alberto, Via Real Collegio 30, 10024 Moncalieri (TO), tel. 011 6824941, fax 011 6824966, email: b.buzzo@ceris.cnr.it

** HERMES, Centro di Ricerca sui Servizi Regolamentati, Fondazione Collegio Carlo Alberto, Via Real Collegio 30, 10024 Moncalieri (TO), tel. 011 6705250, fax 011 6705089

*** Università del Piemonte Orientale "A. Avogadro", Via Perrone 18, 28100 Novara, tel 0321 375.440, fax 0321 375.405, email: fabrizio.erbetta@eco.unipmn.it

1 Introduzione

Il settore del trasporto pubblico locale (TPL) rientra nella categoria delle cosiddette *network utility*, le quali, essendo da un lato qualificate come servizio pubblico essenziale e d'altro lato ponendosi generalmente come monopolio naturale a livello locale, implicano il confronto con importanti problematiche di regolamentazione. La rete di trasporto rientra solitamente sotto la giurisdizione di un'Autorità locale (la Regione o un Ente locale minore), che è responsabile della pianificazione dei servizi all'interno dell'area di competenza, mentre la fornitura del servizio di trasporto è affidata ad un soggetto gestore. Le tariffe adottate, che mirano a rispettare il requisito di servizio pubblico universale, non possono consentire alle imprese di raggiungere il pareggio di bilancio. È dunque necessario trovare un compromesso tra l'equilibrio economico degli operatori (ottenibile mediante sussidi pubblici) ed il rispetto della funzione di pubblico servizio (che in quanto tale deve essere accessibile a tutti).

L'individuazione dei meccanismi che consentano di ottenere un livello ottimale di sussidiazione costituisce un problema alquanto dibattuto, soprattutto a causa della presenza di asimmetrie informative (Gagnepain e Ivaldi 2002a e 2002b; Dalen e Gomez-Lobo, 1997), che ostacolano l'esatta percezione del livello efficiente dei costi di gestione da parte del regolatore. Quest'ultimo deve pertanto assicurare l'equilibrio economico-finanziario delle imprese di trasporto, evitando sprechi ed inefficienze che si ripercuotono negativamente anche sugli utenti del servizio.

Per raggiungere questi obiettivi di regolamentazione 'ottima' è in primo luogo necessario identificare i fattori che effettivamente influenzano la struttura produttiva da un lato e la natura e la dimensione dei costi dall'altro. In secondo luogo, data la conoscenza (non sempre perfetta) della tecnologia di produzione, della capacità produttiva e del livello di efficienza che caratterizza gli operatori del settore, è importante che l'Autorità pubblica dia alle imprese incentivi appropriati allo scopo di migliorarne la produttività. Tale risultato può essere raggiunto da un lato agendo su meccanismi di incentivazione legati ai contratti che regolano i rapporti tra Ente regolatore ed impresa, d'altro lato favorendo la pressione competitiva all'interno della struttura di mercato (Piacenza, 2000).

Il settore del TPL in Italia è stato per anni caratterizzato da una profonda crisi riconducibile ad un perdurante dissesto finanziario ed aggravata da una progressiva contrazione della domanda di trasporto collettivo. Ancora oggi, le Autorità pubbliche si trovano a dover fronteggiare una situazione difficile: le imprese operanti nel settore rimangono, infatti, caratterizzate da elevati livelli di costi operativi e per molte di esse permangono anche importanti situazioni di deficit.

In effetti, il settore è stato abbondantemente sussidiato in passato attraverso l'intervento pubblico. Il livello di sussidiazione è stato, tuttavia, oggetto, a partire all'incirca dalla metà degli anni '90, di un ampio processo di revisione. Allo scopo di incentivare gli operatori a recuperi di efficienza produttiva, la riforma del settore avviata nel nostro Paese nella seconda metà degli anni '90 ha previsto l'abbandono delle forme di rimborso di tipo *cost-plus*, a totale copertura dei costi a consuntivo, introducendo l'obbligo di stipulare contratti di tipo *fixed-price*, regolati da meccanismi di *capping*.

Il settore TPL non è al suo interno omogeneo, ma si caratterizza per la distinzione in attività di trasporto urbano ed extraurbano. È riconosciuto che la tipologia di attività esercita un impatto sul grado di efficienza delle imprese, indipendentemente dalle componenti manageriale e di scala. È, pertanto, opportuno pervenire a classi di imprese il più possibile omogenee sotto il profilo della tipologia di comparto servito al fine di una valutazione attendibile della performance di efficienza.

In effetti, il tipo di comparto servito rappresenta un'importante discriminante tecnologica. Per quanto riguarda il contesto urbano, l'estensione della rete è relativamente limitata, ma l'operatore dev'essere in grado di offrire passaggi frequenti; inoltre, dato che il percorso medio degli utenti è abbastanza breve, i veicoli possono avere un numero limitato di posti a sedere, garantendo in tal modo una maggiore capacità di carico. L'attività extraurbana è, invece, caratterizzata da una rete

relativamente più estesa e da una domanda particolarmente intensa all'interno di determinate fasce orarie: il servizio deve allora offrire passaggi meno frequenti rispetto a quelli richiesti dal servizio urbano e più concentrati negli orari di punta; inoltre, dato che in questo caso il tragitto medio dei passeggeri è maggiore, devono essere garantiti anche un numero più elevato di posti a sedere. Vi sono poi imprese che svolgono attività di tipo 'misto', in parte urbana ed in parte extraurbana.

L'azione di regolamentazione, orientata a fornire incentivi per una gestione meno onerosa, è attesa avere un impatto sull'efficienza dinamica; e tale impatto potrebbe presentarsi diversificato in funzione del tipo di servizio prestato.

Il presente lavoro si propone, quindi, di esaminare, dapprima per mezzo di un'analisi statica, poi con un approccio dinamico (il quale rappresenta il focus dell'analisi), i livelli di efficienza tecnica su un campione di 42 imprese italiane di TPL, prestando particolare attenzione alla discriminazione per tipologia di servizio (urbano, extraurbano o 'misto').

Il lavoro è organizzato come segue. Dopo un quadro dell'evoluzione normativa del settore (paragrafo 2), viene presentata una breve rassegna delle evidenze empiriche in merito alle problematiche di efficienza (paragrafo 3). In tale paragrafo vengono messe in luce le scelte presenti nella letteratura sia nazionale che internazionale, in relazione alle variabili di input ed output utilizzate, nonché i risultati di efficienza riscontrati in altri contesti. Nel paragrafo 4 vengono descritti i tratti essenziali della metodologia, i cui dettagli tecnici sono presentati nell'appendice finale. La descrizione del campione analizzato è fornita nel paragrafo 5, mentre i risultati ottenuti sono illustrati nel paragrafo 6. Il paragrafo 7 riporta alcune considerazioni conclusive.

2 Evoluzione normativa in tema di regolamentazione nel settore TPL

In Italia il TPL è sempre stato considerato un bene meritorio, il cui consumo è stato favorito attraverso il mantenimento di basse tariffe per gli utenti e lo stanziamento di elevati sussidi alle imprese fornitrici del servizio. L'utilizzo indiscriminato di sussidi erogati *ex post* è stato però di ostacolo allo sviluppo delle imprese in termini di efficienza: si è assistito in tal modo ad un crescente spreco di risorse, accompagnato inoltre da un aumento dei disavanzi di bilancio delle imprese fornitrici del servizio (Levaggi, 1994).

Una prima iniziativa volta a razionalizzare gli interventi finanziari pubblici nel settore del TPL si ebbe con l'emanazione della Legge n. 151/1981: l'ammontare dei sussidi prelevati dal Fondo Nazionale dei Trasporti (FNT) ed erogati agli Enti o alle aziende di trasporto (nella logica di una remunerazione per un servizio fornito ad un prezzo inferiore al costo) doveva essere determinato sulla base di parametri obiettivo, per coprire la differenza tra il *costo economico standardizzato* (derivante da una rigorosa ed efficiente gestione) ed i ricavi presunti (risultato dell'applicazione delle tariffe minime imposte dalla Regione)¹. Malgrado le chiare disposizioni, non solo le compagnie non furono in grado di portare i loro bilanci in pareggio, ma anzi si vennero a creare situazioni di deficit via via crescenti, nonostante i provvedimenti presi più volte a livello statale volti a colmare almeno una parte dei disavanzi delle imprese.

La risposta alle necessità di un profondo processo di riforma ha preso avvio con quanto previsto dalla Legge n. 549/1995, che conferiva alle Regioni autonomia finanziaria per le questioni di TPL a partire dall'anno 1996, ed è stata in seguito portata a compimento attraverso l'emanazione del Decreto Legislativo n. 422/1997 (poi integrato dal Decreto Legislativo n. 400/1999), che ha trasferito alle Regioni tutte le competenze in materia di trasporto locale o regionale.

I principali scopi di tale riforma possono essere sintetizzati in tre categorie fondamentali: 1) unificazione delle competenze (a livello sia di pianificazione sia di decisioni di spesa) relativamente

¹ Gli stanziamenti al FNT si dimostrarono però cronicamente insufficienti rispetto alle reali esigenze di gestione del servizio, anche a causa della forte inflazione presente in quegli anni, che contribuì a far aumentare i costi in maniera più che proporzionale rispetto agli importi finanziati.

a tutte le modalità di TPL; 2) assegnazione di responsabilità finanziaria agli Enti pianificatori (Regioni ed Enti locali) ed alle imprese che gestiscono il servizio di trasporto; 3) promozione del processo di liberalizzazione e di privatizzazione nel settore. Tutte e tre queste finalità sono orientate al miglioramento delle condizioni di efficienza.

Sotto il primo aspetto l'obiettivo è di far convergere in un unico centro (la Regione) la programmazione di tutti i diversi sistemi di trasporto promuovendo contemporaneamente l'integrazione modale dell'offerta di tali servizi, con conseguenti vantaggi in termini di abolizione di servizi duplicati e di migliore soddisfacimento della domanda.

Il secondo punto riguarda la volontà del legislatore di aumentare le responsabilità finanziarie dei soggetti operanti nel settore, attraverso l'abolizione dei trasferimenti direttamente da parte dello Stato (abolizione del FNT), sostituiti da una parte delle accise sui carburanti, rimosse a livello regionale e senza vincolo di destinazione². Attraverso un tale decentramento è infatti possibile stimolare Regioni ed Enti locali ad una più attenta selezione dei comparti che necessitano maggiormente di sussidi, creando i presupposti per un incremento nei livelli di efficienza produttiva da parte delle imprese di trasporto.

Il terzo aspetto della riforma, e certamente uno degli strumenti più importanti per l'effettiva riorganizzazione del settore del TPL, è quella relativa all'introduzione dell'obbligo di affidare i servizi di trasporto regionale e locale tramite meccanismi concorrenziali³ (cercando in tal modo di promuovere dove possibile l'introduzione di forme di concorrenza 'per il mercato'⁴) e di stipulare un ben definito contratto di servizio, tra Enti locali e gestori, dotato di certezza e copertura finanziaria per l'intero periodo di validità e caratterizzato da incentivi al contenimento dei costi operativi⁵. Il servizio, definito contrattualmente nei suoi dettagli, verrebbe dunque affidato all'operatore in grado di offrirlo richiedendo il sussidio più basso (date le tariffe) ovvero proponendo le tariffe più contenute (dato il sussidio). Il gestore dovrebbe essere selezionato e valutato sulla base di un confronto competitivo, ovvero 'estraendo' un modello di comportamento di *best practice* attraverso il confronto tra unità operative. Tale logica di *benchmarking* risulta assai funzionale nei casi in cui la valutazione da parte del soggetto controllore sia condizionata da problemi di asimmetria informativa.

Va infine sottolineato che già a partire dalla metà degli Anni '90 (con un certo anticipo rispetto all'avvio della riforma), alcune realtà locali italiane avevano già iniziato ad adottare meccanismi di erogazione dei sussidi basati sulla determinazione di livelli di costo standard, orientati ad una maggiore incentivazione all'efficienza. Tali schemi, pur non essendo ancora formalizzati nel contesto di un vero e proprio contratto di servizio, di fatto hanno rappresentato un tentativo di superamento del tradizionale riequilibrio *ex post* dei bilanci aziendali.

² In capo al governo centrale rimane solo il compito di intervenire in favore di quelle Regioni caratterizzate da un valore tassabile insufficiente a sostenere i livelli di costo.

³ Il D.Lgs. n. 422/1997 (come modificato dal D.Lgs. n. 400/1999) prevedeva un periodo transitorio, da concludersi comunque entro il 31 dicembre 2003, in cui era ancora possibile mantenere gli affidamenti ai precedenti concessionari; trascorso tale periodo, si poneva l'obbligo di affidare tutti i servizi esclusivamente mediante procedure concorsuali. Recenti sviluppi però (sostanzianti nell'articolo 35 della Legge n. 448/2001, Legge Finanziaria 2002, come modificato dall'articolo 14 della Legge n. 326/2003) hanno messo a rischio l'attuazione di questo aspetto della riforma, rimettendo parzialmente in discussione il principio dell'affidamento mediante gara con la proroga ulteriore del periodo temporale in cui è ancora possibile ricorrere ad affidamento diretto del servizio alle imprese di trasporto pubbliche (o semi-pubbliche) locali. Tuttavia attualmente si sta nuovamente affermando l'intenzione di eliminare completamente le forme di affidamento *in-house* nel TPL, per ricorrere esclusivamente a procedure concorsuali, come previsto dal D.Lgs. n. 422/1997.

⁴ Per una trattazione sul quadro delle gare in Italia si veda Boitani e Cambini (2004).

⁵ Per una trattazione generale sul ruolo del contratto di servizio nella riforma del TPL si veda Marcucci (2002).

3 Rassegna della letteratura empirica

La stima dell'efficienza all'interno del settore del TPL attraverso metodologie legate alla costruzione di frontiere di *best practice* ha conosciuto un fiorente sviluppo a partire dall'inizio degli anni Novanta. Volendo sintetizzare i principali risultati emersi in letteratura circa i livelli di efficienza tecnica e la presenza di economie di scala e di diversificazione, bisogna fare innanzi tutto alcune precisazioni.

Il settore del TPL presenta alcune questioni chiave legate alla specificazione della tecnologia; in particolare la letteratura empirica fornisce diverse soluzioni circa la definizione degli input e degli output del processo produttivo: specificazioni differenti possono però condurre a risultati non univoci in termini di stima dell'efficienza produttiva. Per quel che riguarda la misura dell'output, è possibile focalizzare l'attenzione sull'utenza finale (misure *demand-oriented*) oppure sulla struttura produttiva messa a disposizione dall'operatore (misure *supply-oriented*). Dal primo punto di vista, le misure prese solitamente a riferimento nel settore del TPL sono i passeggeri trasportati oppure i passeggeri-km (ottenuti moltiplicando il numero totale dei passeggeri per il percorso medio effettuato da ciascuno). Tali grandezze consentono di valutare lo sfruttamento effettivo della rete nell'arco di tempo considerato. Costituiscono invece misure *supply-oriented* le vetture-km (numero complessivo di km percorsi da tutti i veicoli) e i posti-km (dati dal prodotto delle vetture-km per la capacità media dei veicoli in termini di posti offerti). L'utilizzo di tali tipologie di output consente di valutare la struttura produttiva dell'impresa indipendentemente dal grado di sfruttamento del servizio, che spesso è legato ad una molteplicità di fattori esogeni sui quali l'impresa può anche non avere alcun tipo di controllo. Per quanto riguarda invece il lato degli input, è abbastanza consolidato in letteratura l'utilizzo del numero di veicoli (o in alternativa dei posti totali offerti), del numero di dipendenti (talvolta suddiviso tra personale diretto ed indiretto) e della quantità di carburante consumato. Accanto a queste tre misure fisiche di input si ritrovano talvolta una serie di variabili volte a descrivere con maggior dettaglio l'ambiente all'interno del quale operano le imprese (ad esempio lunghezza della rete, densità della popolazione, velocità media, distanza tra le fermate) e alcune variabili di costo (cfr. Tabella 1).

Inoltre, la maggior parte dei lavori ha utilizzato campioni di imprese appartenenti ad un medesimo comparto (urbano o extraurbano); i pochi lavori che hanno considerato operatori che prestano attività di tipo misto non si sono generalmente soffermati sui possibili risparmi di costo ottenibili con tale diversificazione.

La tabella 1 illustra alcuni precedenti studi che hanno trattato il tema dell'efficienza produttiva nel TPL utilizzando la *Data Envelopment Analysis* (DEA)⁶. Si tratta essenzialmente di studi attenti alla letteratura internazionale a causa della carenza di verifiche empiriche condotte sul caso italiano attraverso l'utilizzo della DEA. Per quanto riguarda l'analisi dei livelli di efficienza tecnica, molti lavori si sono soffermati sull'impatto delle variazioni di regolamentazione e sulla differente struttura proprietaria delle imprese. In molti casi è stato inoltre affrontato il tema dell'organizzazione dell'impresa da un punto di vista dimensionale, allo scopo di individuare la scala ottima di produzione. I principali risultati emersi sono descritti nell'ultima colonna della tabella 1. Anche se, a causa dell'eterogeneità dei campioni esaminati, risulta abbastanza difficile effettuare un confronto diretto tra i risultati ottenuti, si può in linea generale osservare come il settore appaia spesso caratterizzato da inefficienze dovute sia a fattori di tipo tecnico sia alla scala produttiva. Inoltre va sottolineato come l'introduzione di una regolamentazione dei sussidi maggiormente rigorosa sembri contribuire alla riduzione delle inefficienze. La letteratura invece non pare trovare risultati univoci per quanto riguarda la relazione tra struttura proprietaria ed efficienza produttiva. Mancano poi analisi volte a valutare l'impatto sui livelli di efficienza dell'appartenenza ad uno specifico compart produttivo (urbano o extraurbano).

Va notato infine che la letteratura, anche internazionale, è carente dal punto di vista dell'analisi

⁶ Per una rassegna generale e completa sull'analisi dell'efficienza nel TPL con frontiere di produzione e di costo si veda De Borger *et al.* (2002).

dinamica di efficienza. Come si è già osservato, la regolamentazione del settore TPL è passata a forme progressivamente più stringenti. L'aspettativa di tale transazione è quella di creare i presupposti per un recupero di efficienza. Quest'ultimo potrebbe essere meglio indagato attraverso l'utilizzo di strumenti dinamici, particolarmente adatti nei casi in cui un insieme di unità è osservato su un certo numero di anni, piuttosto che per mezzo di modelli statici. La costruzione di frontiere indipendenti in ciascun anno (ad esempio Button e Costa, 1999; Viton, 1998) consente, infatti, di valutare il divario di una unità inefficiente rispetto al *best practice* dello stesso anno, ma non di catturare l'evoluzione dell'efficienza in un anno rispetto ai periodi precedenti.

Il contesto italiano è stato analizzato soprattutto con metodologie stocastiche attraverso la costruzione di funzioni e frontiere di costo (SFA, *Stochastic Frontier Analysis*). Solamente Levaggi (1994) affianca all'analisi SFA anche un'applicazione DEA. Nella maggior parte dei casi la funzione di costo prescelta è di tipo *translog*; alcuni (Fazioli *et al.*, 1993; Cambini e Filippini, 2003) hanno scelto una funzione di costo totale di lungo periodo, mentre altri hanno preferito un modello di funzione di costo variabile di breve periodo (Levaggi, 1994; Fabbri, 1998; Fraquelli *et al.* 2004). Per quanto riguarda la tipologia di attività svolta dalle imprese, i primi studi (Fazioli *et al.*, 1993; Levaggi 1994) si sono soffermati sull'analisi di un solo comparto (rispettivamente extraurbano ed urbano), mentre Fabbri (1998) analizza entrambe le tipologie di attività; infine Cambini e Filippini (2003), Fazioli *et al.* (2003) e Fraquelli *et al.* (2001 e 2004) includono nel campione anche imprese con attività di tipo misto. Tuttavia solo in questi ultimi due lavori viene condotta un'indagine più approfondita in merito ai possibili risparmi di costo conseguibili attraverso la diversificazione. I risultati evidenziano benefici associati alla fornitura congiunta del servizio di TPL urbano ed extraurbano. In Fazioli *et al.* (2003) viene analizzata la distribuzione dei valori di efficienza delle imprese nei diversi regimi di attività, senza che, tuttavia, emergano differenze significative dal confronto.

Per quanto concerne l'analisi dei rendimenti di scala, mentre sembra confermata la presenza di economie di scala di breve periodo per le imprese minori (Levaggi, 1994; Fabbri, 1998), emergono risultati incerti per quanto riguarda il lungo periodo. Da un lato vengono rintracciate diseconomie di lungo periodo per le imprese maggiori (Levaggi, 1994), mentre in altri studi emergono persistenti economie di scala, segno che numerosi operatori continuano ad operare ad un livello dimensionale troppo ridotto (Fazioli *et al.*, 1993 e 2003; Cambini e Filippini, 2003⁷).

Il presente lavoro si differenzia rispetto agli studi precedenti sotto due aspetti. Da un primo e più importante punto di vista, esso utilizza un modello dinamico (non parametrico) per l'analisi dell'evoluzione della performance. Inoltre, si è adottata la distinzione tra comparti, in modo da isolare l'impatto esercitato dall'appartenenza ad una categoria di attività sul progresso/regresso di produttività.

⁷ Va notato che in Cambini e Filippini (2003) si ritrovano significative economie di scala e di densità; tuttavia il campione di imprese considerato non include le realtà italiane maggiori.

Tabella 1: Letteratura DEA sul trasporto pubblico locale

Autori	Aspetti analizzati Campione di riferimento	Input	Output	Principali risultati
Button e Costa (1999)	Lo scopo è analizzare l'impatto di forme di liberalizzazione sui livelli di efficienza economica 9 operatori dell'Emilia Romagna (periodo 1985-1993); confronto con Metro di Madrid (periodo 1981-1992)	veicoli personale	VKM PKM	- Valori di TE compresi tra 68% e 89% - Tra l'anno iniziale e l'anno finale i livelli di TE aumentano in media del 4,4% (CRS) e del 5,5% (VRS) Cambi nella struttura regolatoria (e maggiore liberalizzazione) e riduzione dei sussidi possono aumentare l'efficienza economica
Chu et al. (1992)	Analisi delle performance d'impresa, distinguendo TE ed efficacia del servizio 86 operatori americani (anno 1986), suddivisi in due gruppi omogenei			- TE media pari a 85% e 86% - efficacia media pari a 56% e 75% - è importante valutare sia l'efficienza sia l'efficacia del servizio prestato
Cowie e Asenova (1999)	Impatto della privatizzazione e delle variazioni di regolamentazione sui livelli di TE e analisi dei rendimenti di scala 141 operatori urbani inglesi (periodo 1995-1996)	personale veicoli	ricavi operativi	- bassi livelli di TE: media pari al 68%(CRS) e 64% (VRS); - le imprese private mostrano livelli di TE più elevati (maggiore efficienza nell'organizzazione); - sembra più forte l'impatto della TE rispetto alla SE
Kerstens (1999)	Scomposizione dell'efficienza economica nelle componenti di scala, strutturale e tecnica per individuare l'origine del comportamento inefficiente 114 operatori urbani francesi (anno 1990)	veicoli personale energia	VKM Passeggeri	- scarse performance degli operatori originano più da problemi di inefficienza tecnica che da questioni legate alla scala operativa - i livelli di TE media oscillano tra il 78% e il 92%; - le performance mostrate dagli operatori sono strettamente legate al tipo di output utilizzato
Levaggi (1994)	Analisi dei costi e dei livelli di output per individuare le principali fonti di inefficienza delle imprese di TPL in Italia 55 operatori urbani italiani (anno 1989)	posti medi costo personale costo carburante altri costi variabili km di rete densità popolazione veicoli	PKM posti medi (con gli stessi input tranne posti medi)	- livelli di TE media compresi tra 41% e 60% - le principali cause di inefficienza sembrano essere eccesso di capitale, surplus di capacità produttiva, eccesso di personale

Segue

Segue Tabella 1

Autori	Aspetti analizzati Campione di riferimento	Input	Output	Principali risultati
Odeck e Alkadi (2001)	Analisi dell'efficienza produttiva, con particolare attenzione alla struttura proprietaria ed ai rendimenti di scala 47 operatori norvegesi (anno 1994)	posti totali offerti carburante costo mat. consumo diretto ore di guida personale indiretto	PKM PKM e passeggeri-KM	- livelli di TE media compresi tra 78% e 94%; - presenza di rendimenti di scala crescenti per molte imprese (produzione al di sotto della scala ottima); - struttura proprietaria e diversificazione produttiva non sembrano influenzare le performance
Viton (1997)	Analisi dell'efficienza sia da un punto di vista output oriented, sia input oriented 217 operatori americani (1990)	velocità media distanza fermate congestione età media parco lunghezza rete veicoli carburante autisti add. manutenzione pers. amministrativo altro personale ind. costo mat. consumo diretto costo per servizi costi gas, acqua, elettricità costo per assicurazioni	VM e passeggeri per corsa	- circa 80% del campione risulta tecnicamente efficiente; - l'assetto proprietario non sembra avere un impatto sulla distribuzione di TE; - circa il 70% delle imprese presenta rendimenti costanti di scala, mentre il rimanente 30% la maggior parte opera al di sotto della scala minima efficiente
Viton (1998)	Analisi di efficienza statica (Indice di Russel) e dinamica (Indice di Malmquist) sia input-oriented sia output oriented 183 operatori americani (anno 1988) e 169 operatori americani (anno 1992)	età media parco lunghezza rete veicoli carburante autisti-ora add. manutenzione pers. amministrativo altro personale ind.	VM, corse e veicoli-ora	- il grado di inefficienza tecnica si riduce nel periodo considerato: dal punto di vista statico la TE migliora del 1.2% (analisi <i>input oriented</i>) e del 7% (analisi <i>output oriented</i>); - da un punto di vista dinamico la produttività migliora del 2.1% (analisi <i>input oriented</i>) e del 2.6% (analisi <i>output oriented</i>)

Legenda: VKM vetture-km; PKM posti-km; VM vetture-miglia; PM posti-miglia; TE efficienza tecnica; SE efficienza di scala; CRS *constant returns to scale*; VRS *variable returns to scale*

4 Metodologia di analisi

L'efficienza con cui un'impresa gestisce il processo produttivo è largamente influenzata da fattori esterni. Una parte della performance di efficienza può essere spiegata da condizioni esogene in cui l'impresa si trova ad operare: il tipo di contesto ambientale, la natura del controllo (pubblico/privato), il tipo di governance, etc. In accordo con tale impostazione, non si può trascurare che, nei contesti reali, molte unità operative, sebbene accomunate da medesimi obiettivi di fondo, sono condizionate da diversi profili di *policy* (Thanassoulis, 2001). Con il termine *policy* si intende, qui, far riferimento ad una *variabile di categoria* (*categorical variable*) esogena e non controllabile dal management dell'impresa, in grado di esercitare un'influenza sulla performance non ordinabile a priori. Nel caso in esame, le imprese erogatrici di servizi di TPL, pur essendo accomunate dal tipo di attività, possono essere distinte sulla base di una "variabile di contesto" basata sul comparto servito: urbano, extraurbano e misto. Tale segmentazione del settore si è dimostrata rilevante nello spiegare i divari di efficienza (Fraquelli *et al.*, 2004), e, pertanto, può essere interessante valutare quanta parte della performance complessiva sia attribuibile a tale caratteristica esterna, separatamente dal 'merito' del management o da fattori di scala.

Nella sezione 4.1 verrà trattato il problema della scomposizione della performance in una logica statica tradizionale. Nella sezione 4.2 verrà, invece, presentato un approccio dinamico, basato sull'indice di Malmquist. I dettagli tecnici della metodologia sono esposti nell'appendice al fondo.

4.1 L'impatto del fattore esogeno in un approccio statico

Il problema della misurazione del grado di efficienza di un'impresa rispetto ad altre unità osservate è affrontato attraverso la costruzione di una frontiera di *best practice*. Essa è costituita dalle imprese che minimizzano l'impiego di input dato un certo livello di output (approccio *input-oriented*) o che massimizzano la produzione di output dati certi quantitativi di input (approccio *output-oriented*). Le imprese che non si trovano nella condizione di minimizzazione/massimizzazione suddetta non sono Pareto-efficienti, dal momento che potrebbero procedere, rispettivamente, ad una contrazione degli input senza ricadute negative sull'output o ad un aumento degli output senza incremento di input.

La scelta dell'orientamento all'input o all'output dipende dal contesto analizzato. Nel caso dei servizi di pubblica utilità l'offerta è strettamente connessa alla domanda espressa dall'area di utenza e pertanto risulta difficile concepire la possibilità di incrementare l'efficienza attraverso un aumento dei volumi di servizio. Più ragionevole è affrontare il problema del recupero di efficienza attraverso un uso più oculato dei fattori produttivi, la riduzione degli sprechi e, in ultima istanza, l'abbattimento del costo operativo. Per tale motivo si è preferito adottare un'impostazione *input-oriented*.

Il fatto, poi, di concentrare l'analisi esclusivamente sull'efficienza tecnica, anziché considerare anche l'efficienza allocativa, può trovare una serie di valide giustificazioni (Viton, 1998). In primo luogo ha senso parlare di efficienza allocativa solo se il contesto analizzato è efficiente dal punto di vista tecnico (quindi in qualche modo il concetto di efficienza allocativa segue quello di efficienza tecnica). Inoltre, nel settore pubblico i prezzi di acquisizione dei fattori (necessari per determinare l'allocazione degli input compatibilmente con il vincolo della funzione di produzione) non sono sempre disponibili (Lovell, 1993). Infine, non va dimenticato che le imprese di TPL potrebbero non perseguire obiettivi di minimizzazione dei costi (ad esempio, esse potrebbero porsi finalità di tipo redistributivo, volendo assicurare il servizio a particolari categorie di popolazione, o di tipo ambientale, con politiche volte a ridurre le emissioni inquinanti).

Seguendo l'impostazione di Farrell (1957), il grado di efficienza con cui una unità (definita *Decision Making Unit*, DMU) opera è misurato come distanza radiale da una frontiera tecnologica ideale, o frontiera di *best practice* (Charnes *et al.*, 1978; Banker *et al.*, 1984). La Figura 1 illustra la logica del modello. Le DMU, rappresentate dai punti, utilizzano diverse combinazioni degli input

X_1 e X_2 per produrre un determinato quantitativo dell'output Y^8 . La frontiera è determinata dall'involuppo inferiore dei punti osservati, rappresentata dalla linea spezzata continua, e la distanza PP' tra la DMU P e la sua proiezione radiale sulla frontiera (P') rappresenta la misura di inefficienza. Quanto maggiore è tale distanza, tanto minore è il grado di efficienza con cui la DMU opera. La misura di efficienza, identificata geometricamente dal rapporto OP'/OP e calcolata attraverso strumenti di programmazione lineare (si veda l'appendice al fondo), è, per costruzione, compresa tra 0 e 1. Essa assume valore pari a 1 quando l'unità osservata è pienamente efficiente. Tale metodologia non parametrica di identificazione della frontiera prende il nome di *Data Envelopment Analysis* (DEA) ed ha trovata un'ampissima diffusione nelle indagini empiriche sul tema dell'efficienza (Charnes *et al.*, 1978; Bunker *et al.*, 1984)⁹.

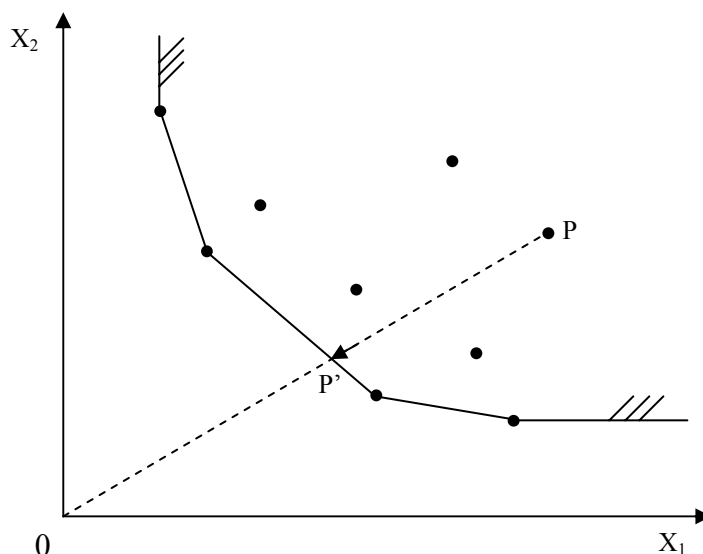


Figura 1: Definizione della frontiera e funzione di distanza

Questa misura globale di efficienza tecnica (*Technical Efficiency*, TE) può essere scomposta in una componente di efficienza manageriale interna, in una componente legata alla scala operativa e, infine, in una componente di *Policy* (Charnes *et al.*, 1981):

$$TE = TE_v \times SE \times Pol \quad [1]$$

TE_v sta ad indicare che la misura di efficienza tecnica è calcolata rispetto ad una frontiera che garantisce flessibilità di scala, ipotizzando rendimenti di scala variabili (il pedice “ v ” sta per *Variable Returns to Scale*, VRS)¹⁰. Tale componente cattura l’impatto dell’inefficienza manageriale. La componente SE (*Scale Efficiency*) cattura il grado di efficienza attribuibile alla scala operativa, ovvero la misura di scostamento, in eccesso o in difetto, rispetto alla dimensione che massimizza la produttività media. Infine, la componente Pol (*Policy Efficiency*) riflette la porzione di efficienza spiegata dall’impatto del fattore esogeno, indipendentemente sia da fattori manageriali che di scala.

⁸ Si fa osservare che nell’esempio è riportato un caso semplificato con due input ed un solo output. Il modello è, tuttavia, generalizzabile a contesti multi-input e multi-output.

⁹ Per una chiara ed esauriente descrizione del modello si veda Coelli *et al.* (1998) e Thanassoulis (2001).

¹⁰ In tal modo l’effetto di scala risulta neutralizzato e l’efficienza riflette unicamente le condizioni interne di gestione.

4.2 L'impatto del fattore esogeno in un approccio dinamico

L'approccio di Charnes *et al.* (1981) segue un'impostazione meramente statica. Qui di seguito si intende, invece, proporre un modello per la valutazione dell'effetto di *policy* in un contesto dinamico, attraverso il ricorso ad una scomposizione *ad hoc* dell'indice di Malmquist (Caves *et al.*, 1982; Färe *et al.*, 1994a; Färe *et al.*, 1994b¹¹).

La logica sottostante la scomposizione dell'indice di Malmquist è quella di individuare le diverse componenti che esercitano un'azione sul progresso/regresso di produttività di ogni singola DMU.

La Figura 2 illustra l'idea di base considerando due frontiere di efficienza alle epoche t e $t+1$.

Una DMU appartenente ad uno specifico comparto (per esempio, comparto extraurbano) viene osservata al tempo t (punto A) e al tempo $t+1$ (punto B). I punti A e B sono entrambi inefficienti se vengono messi a confronto con le rispettive frontiere di comparto indicate dalle linee spezzate continue. Le proiezioni cadono nei punti A' e B' e le distanze AA' e BB' sono dovute alla presenza di inefficienze nel comportamento dei manager e/o ad una scala operativa non ottimale. Esistono quindi margini di recupero di efficienza individuabili grazie al confronto con altre unità del campione.

Le posizioni relative di A e di B rispetto alla propria frontiera indicano il grado di avvicinamento (allontanamento) nel tempo dell'unità alla (dalla) frontiera efficiente. Tale effetto di *catching-up* cattura la variazione di produttività ottenuta dalla singola DMU all'interno del proprio comparto, la quale racchiude in sé due effetti: il primo relativo alla variazione dell'efficienza manageriale (*Technical Efficiency Change* con ipotesi VRS, $TE_{V\Delta}$), il secondo relativo alla variazione dell'efficienza di scala (*Scale Efficiency Change*, $SE\Delta$). Nella successiva scomposizione analitica i due effetti saranno tenuti separati (Färe *et al.*, 1994b).

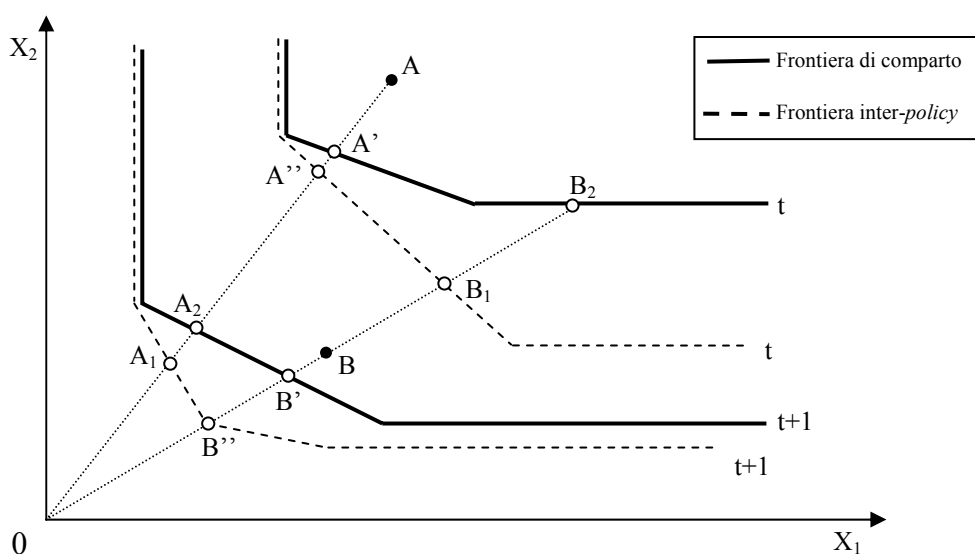


Figura 2: Frontiera di comparto e inter-policy in un'ottica dinamica

Tramite la frontiera di comparto è possibile determinare i valori di input che rendono ciascuna DMU Pareto-efficiente, rappresentati dalle combinazioni A' e B' (valori definiti *radial target*). A questo punto è possibile sostituire i *radial target* ai valori di input osservati, e procedere al ricalcolo delle distanze dalla frontiera tecnologica in ciascun anno includendo tutte le unità del campione, indipendentemente dal comparto di appartenenza. Le frontiere di efficienza individuate in questo secondo stage per gli anni t e $t+1$ sono rappresentate dalle linee tratteggiate in Figura 2. I punti A' e B' si scostano dalla nuova frontiera e quindi sono sub-ottimali. Questa parte di inefficienza non è dovuta ad effetti manageriali né alla scala produttiva (questi effetti sono stati depurati nel passaggio

¹¹ Per una breve descrizione dell'evoluzione degli studi sul tema si veda Grosskopf (2003) e Lovell (2003).

precedente), ma è attribuibile all'appartenenza ad uno specifico comparto. Inoltre, l'impatto di tale caratteristica esogena sulle condizioni di efficienza subisce una variazione nel tempo. Tale effetto, denominato *Policy Factor* ($P\Delta$), misura l'allontanamento/avvicinamento medio della frontiera di comparto rispetto alla nuova frontiera ricalcolata (denominata frontiera inter-policy).

Infine, oltre che per l'evoluzione delle caratteristiche gestionali interne e di scala e indipendentemente dalla componente *Policy Factor*, la produttività di un'impresa può variare per effetto del progresso/regresso tecnologico del settore. Tale effetto è catturato dallo spostamento della frontiera inter-policy nel tempo (inter-policy Technical Change, $intT_C\Delta$ ¹²). Nella Figura 2 lo spostamento della frontiera inter-policy può essere misurato dalla distanza $A''A_1$ o da $B''B_1$. Dal momento che la scelta della distanza è arbitraria, si considera, normalmente, la media geometrica tra le due.

In sintesi, il progresso/regresso di produttività tra t e $t+1$, misurato dall'indice di Malmquist (*Malmquist Index*, MI) può essere scomposto secondo la seguente espressione:

$$MI = TE_V\Delta \times SE\Delta \times P\Delta \times intT_C\Delta \quad [2]$$

5 Descrizione del campione

5.1 Tipologia di servizio e scala operativa

Il campione che viene preso in considerazione in quest'analisi è composto da 42 imprese italiane operanti nel settore del TPL¹³. Tutte le imprese sono state osservate lungo un arco temporale di sette anni, dal 1993 al 1999, per un totale di 294 osservazioni. Il panel è stato costruito utilizzando due differenti fonti informative: i dati ricavati dagli Annuari pubblicati da Federtrasporti (relativi ai principali dati economici e produttivi¹⁴) sono stati integrati con informazioni ottenute attraverso un questionario inviato direttamente alle imprese, volto ad ottenere ulteriori dati di costo ed informazioni di carattere tecnico-ambientale.

Dal punto di vista della tipologia di servizio offerto, il campione si compone di 15 imprese che operano esclusivamente nel contesto urbano, 10 imprese che si occupano solo di servizi extraurbani e 17 imprese che prestano servizio in entrambi i comparti (Tabella 2a). Suddividendo il campione rispetto alla dimensione aziendale, misurata in termini di numero medio di addetti nei sette anni considerati (Tabella 2b) si osserva che 5 operatori sono di piccola dimensione (cioè con meno di 150 addetti), 20 sono medio-piccoli (il numero di addetti medio è compreso tra 150 e 550), 13 sono di dimensione medio-grande (il numero di addetti medio è compreso tra 550 e 2000), ed infine 4 sono di grande dimensione (oltre 2000 addetti in media).

¹² Lo spostamento della frontiera tecnologica costruita sui valori target è calcolato sotto l'ipotesi di rendimenti costanti di scala (il pedice 'c' sta per *Constant Returns to Scale*, CRS). Dato che l'impatto della scala operativa è già esplicitato nel fattore $SE\Delta$, la componente $intT_C\Delta$ non risente degli effetti legati alla dimensione d'impresa.

¹³ Si tratta di aziende afferenti ad ASSTRA (già Federtrasporti), associazione che nel 2000 contava 165 membri, corrispondenti al 90% dei gestori del trasporto urbano ed al 50% dei gestori nel comparto extraurbano. La selezione delle 42 imprese facenti parte del campione è dipesa dalla disponibilità di informazioni complete. Possiamo in ogni caso ritenere tale campione sufficientemente rappresentativo.

¹⁴ Si tratta in particolare del costo totale di produzione, del costo del personale, del numero di addetti, del numero di veicoli, dei chilometri totali percorsi, del numero di viaggiatori trasportati e dei consumi di carburante.

Tabella 2: suddivisione del campione per tipologia di servizio offerto e per dimensione aziendale (numero di addetti).

a) Tipologia di servizio				b) Dimensione aziendale (numero medio di addetti)	
	Num.	Posti offerti (media)	Km rete serviti (media)		Num.
Urbano	15	30.299	351	Piccola (meno di 150)	5
Misto	17	26.446	1993	Medio-piccola (compreso tra 150 e 550)	20
Extraurbano	10	19.142	3149	Medio-grande (compreso tra 550 e 2000)	13
				Grande (oltre 2000)	4

La Tabella 2a consente inoltre di osservare la variabilità tra tipologie di servizio per quanto riguarda gli aspetti legati ai posti totali offerti (prodotto tra la capacità media dei veicoli impiegati ed il numero delle vetture) ed ai chilometri di rete servita.

Come si può osservare, le imprese presentano caratteristiche generali differenti a seconda del comparto servito: chi opera all'interno del contesto urbano è generalmente caratterizzato da una rete relativamente poco estesa e da una ricca offerta in termini di posti totali. Ciò è legato alla elevata densità di utenza delle aree servite e quindi alla necessità di disporre di veicoli con una elevata capacità di carico. Al contrario, nel comparto extraurbano si può osservare la presenza di una rete decisamente più estesa in media, ma di un numero di posti totali offerti assai inferiore rispetto al comparto urbano. Le imprese che operano in entrambi i settori si collocano in una posizione intermedia.

5.2 Definizione di input ed output del processo produttivo

Come abbiamo visto nel paragrafo 3, le misure di output di un'impresa che offre servizi di TPL possono in generale essere di tipo *demand-oriented* o di tipo *supply-oriented*. Sotto il profilo gestionale appare utile inserire nell'analisi un output che esprima la capacità produttiva potenzialmente fruibile da parte dell'utente. A questo proposito, la letteratura del settore propone in via prevalente due specificazioni tecniche di output: le vetture-km (VKM), corrispondenti al numero complessivo di chilometri percorsi in un anno da tutte le vetture in dotazione; i posti-km (PKM), corrispondenti al numero complessivo di chilometri percorsi in un anno da tutti i veicoli per i posti offerti in media da ciascun veicolo. Mentre il primo indicatore tiene conto unicamente della distanza chilometrica complessivamente percorsa durante l'anno da tutto il parco veicoli, il secondo contribuisce ad una più accurata valutazione dell'attività svolta dal momento che include anche la capacità media di carico.

Entrambe le tipologie di output sono state ampiamente utilizzate nei lavori di valutazione dell'efficienza nel settore TPL. Nel presente lavoro si è scelto di esprimere l'output in termini di PKM. La dimensione della capacità media di carico dei veicoli pare, infatti, non secondaria nella spiegazione del livello di utilizzo degli input, e, come tale, dovrebbe essere inclusa nella specificazione tecnologica della frontiera di efficienza. In effetti, dato un certo livello di domanda, legato alle caratteristiche del bacino di utenza, quanto minore è la capacità media di carico delle vetture tanto maggiore dovrebbe essere la dimensione del parco veicoli, o quantomeno tanto più frequenti dovrebbero essere i passaggi lungo la rete, con evidenti ricadute in termini di costi del carburante e di organizzazione dei turni di lavoro dei conducenti. Inoltre, è verosimile che la capacità media di carico incida sulle spese di manutenzione ordinaria.

Tabella 3: variabilità degli output e degli input: suddivisione per comparto

	VKM (000)	PKM (000)	Capacità media di carico
Comparto Urbano			
Media	10.911	1.194.394	103
Deviazione standard	11.731	1.496.388	10
Minimo	1.498	131.845	86
Mediana	8.481	882.692	102
Massimo	50.483	6.553.861	131
Indice di variabilità*	107,51%	125,28%	9,71%
Comparto Misto			
Media	12.166	1.029.905	79
Deviazione standard	9.570	967.518	11
Minimo	969	58.447	60
Mediana	10.429	877.874	80
Massimo	37.852	3.909.385	110
Indice di variabilità	78,66%	93,94%	13,92%
Comparto Extraurbano			
Media	11.816	884.699	72
Deviazione standard	7.639	647.975	17
Minimo	2.728	148.030	43
Mediana	10.710	794.432	76
Massimo	28.671	2.358.395	102
Indice di variabilità	64,65%	73,24%	23,61%

* Deviazione standard/media.

La Tabella 3 riporta, per ciascun comparto, i dati relativi alla variabilità delle due tipologie di output descritte. Mentre per quanto concerne le vetture-km i tre sotto-campioni non presentano, a livello di dato medio, differenze molto accentuate, per quanto si assista ad una maggiore variabilità da parte delle imprese urbane, se si prendono in considerazione i dati relativi ai posti-km i divari risultano più marcati. Nell'ultima colonna sono inserite alcune statistiche descrittive relativamente alla capacità media dei veicoli. Come si può osservare le imprese urbane si caratterizzano per un dato medio di capacità di carico più elevato e per una minore variabilità rispetto agli altri comparti. L'inclusione di tale componente tecnologica nella specificazione dell'output permette, quindi, di cogliere le diversità tra comparti, oltre che la variabilità tra imprese appartenenti ad un medesimo comparto.

Per quanto riguarda invece l'aspetto legato alla definizione degli input del processo produttivo, si sono utilizzati, in linea con la letteratura prevalente, il numero medio di addetti (*NDIP*), il numero medio di veicoli (*NV*), la quantità di carburante consumato o energia equivalente (*QF*) ed i costi per materiali e servizi (*CMS*)¹⁵. La Tabella 4 mostra alcune statistiche descrittive relative ai fattori produttivi, mettendo a confronto le diverse tipologie di servizio.

¹⁵ In dettaglio, tale categoria comprende i costi per i servizi esterni di manutenzione, le spese per i materiali necessari alla gestione dei veicoli e le altre spese della gestione ordinaria. Tale dato è stato depurato dagli effetti dell'inflazione utilizzando l'indice generale dei prezzi alla produzione dei prodotti industriali, assumendo come anno base il 1999, fornito dall'ISTAT (Annuario Statistico Italiano, 1998 e 2000).

Tabella 4: descrizione degli input - suddivisione per comparto

	NV	NDIP	QF (000)	CMS (000)
Comparto Urbano				
Media	275	821	5.682	14.555.308
Deviazione standard	321	985	7.410	20.348.879
Minimo	41	80	631	1.727.981
Mediana	180	506	3.865	9.556.842
Massimo	1.581	4.456	33.143	102.435.690
Indice di variabilità	116,73%	119,89%	130,41%	139,80%
Comparto Misto				
Media	311	657	4.896	15.744.896
Deviazione standard	259	754	4.438	18.951.292
Minimo	29	36	352	1.183.680
Mediana	262	450	4.092	9.427.001
Massimo	1.048	3.330	18.103	86.427.136
Indice di variabilità	83,26%	114,68%	90,65%	120,36%
Comparto Extraurbano				
Media	256	613	4.233	10.449.894
Deviazione standard	158	759	2.797	8.261.162
Minimo	70	117	1.037	1.924.241
Mediana	214	330	3.754	8.110.802
Massimo	598	3.281	10.500	44.458.546
Indice di variabilità	61,75%	123,85%	66,08%	79,05%

Dall'osservazione degli ampi divari tra i valori di minimo e massimo per ciascun input e output, come evidenziato nelle Tabelle 3 e 4, emerge una notevole eterogeneità tra comparti e, all'interno di ogni comparto, tra imprese. Tale caratteristica del database ha il merito di consentire un'adeguata valutazione dell'impatto della dimensione operativa, oltre che delle caratteristiche esogene di contesto, sull'efficienza, attraverso l'adozione di una specificazione flessibile della frontiera tecnologica.

6 Risultati

I risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia statica e dinamica sono esposti nelle tabelle successive.

La Tabella 5 contiene le misure DEA di efficienza tecnica manageriale (TE_V), di efficienza di scala (SE) e di efficienza legata alla tipologia di servizio (Pol).

L'ultima colonna riporta, infine, i valori di efficienza tecnica globale (TE), determinati come prodotto delle singole componenti, come indicato nella [1].

Le stime di efficienza tecnica globale evidenziano significativi margini di recupero di efficienza. Per le imprese urbane l'efficienza è pari a 85,7%, il che è indice della presenza di un sovrautilizzo dei fattori produttivi in ragione del 14,3% rispetto alla frontiera ottimale. Per le imprese dei comparti misto ed extraurbano l'inefficienza sale al 22-23%. In realtà, disaggregando l'efficienza grezza nelle sue componenti si evidenzia come il grado di efficienza manageriale non è mai

inferiore al 90%, facendo presumere una soddisfacente capacità di governo di tali imprese nel periodo osservato. Tuttavia i valori minimi riportati evidenziano la presenza di situazioni fortemente critiche per quanto riguarda le condizioni di uso dei fattori produttivi, e ciò risulta particolarmente vero con riferimento alle imprese attive nel comparto extraurbano. Qui, infatti, il livello minimo di efficienza è 61,6%, indicativo di un livello di inefficienza manageriale pari a poco meno del 40%.

Prescindendo dalle caratteristiche di controllo manageriale, l'efficienza associata alla scala operativa è di poco superiore a 95% per le imprese urbane e a 93% per le imprese miste. Ciò significa che, in termini medi, entrambe le categorie di imprese deviano in misura non eccessiva dalla dimensione ottimale. Le imprese extraurbane segnalano, invece, una maggiore penalizzazione in termini di efficienza di scala (86,4%). I livelli minimi di efficienza di scala rivelano, comunque, in ogni comparto, significative deviazioni rispetto alla scala ritenuta ottimale. Ciò suggerisce l'esigenza di indagare più nel dettaglio le caratteristiche di scala, evidenziando, in modo specifico, in quali aree prevalgono rendimenti di scala crescenti ed in quali rendimento di scala decrescenti.

Passando, infine, all'impatto legato alle caratteristiche di comparto, l'ambito operativo che più degli altri contribuisce alla performance media è quello extraurbano, con un valore medio pari a circa 99%. Rispetto al comparto extraurbano, le tipologie di servizio urbano e misto paiono essere intrinsecamente più inefficienti a livello medio.

Tabella 5: Misure statiche di efficienza

		TE _v	SE	Pol	TE
Output=PKM					
<i>Urbane</i>	<i>media</i>	0,972	0,954	0,925	0,857
	<i>min</i>	0,856	0,843	0,850	0,733
<i>Miste</i>	<i>media</i>	0,928	0,935	0,900	0,770
	<i>min</i>	0,703	0,728	0,865	0,636
<i>Extraurbane</i>	<i>media</i>	0,914	0,864	0,992	0,783
	<i>min</i>	0,616	0,588	0,974	0,469

La Figura 3 mette in evidenza la misura di efficienza di scala con la variabile di output. Dalla sua osservazione emergerebbero possibili economie di scala per le imprese minori, specialmente extraurbane (i valori di efficienza raggiungono quasi il 40%), e, in misura meno marcata, per le imprese miste (i valori di efficienza raggiungono il 60%). Per le imprese urbane le economie di scala sono presenti anche se meno accentuate (i valori di efficienza non scendono sotto l'80%). Anche le imprese di maggiore dimensione sono caratterizzate da inefficienze attribuibili, in questo caso, a diseconomie di scala. Il livello dimensionale, misurato in termini della variabile PKM, ritenuto ottimale è pari a poco più di 500 milioni per il comparto urbano, 1200 milioni per quello extraurbano e 1000 milioni per il comparto misto.

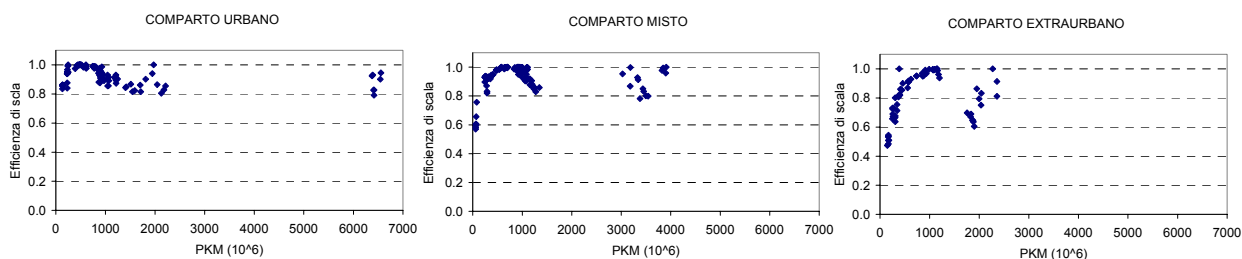


Figura 3: Efficienza di scala per comparto (output PKM).

Per estrapolare dai dati l'evoluzione temporale dell'efficienza e delle sue componenti occorre introdurre un'analisi di tipo dinamico.

L'analisi dinamica, i cui risultati sono contenuti in Tabella 6, consente di evidenziare eventuali miglioramenti o peggioramenti di produttività in un periodo sottoposto ad intensa attività regolatoria¹⁶. Le ultime due colonne della Tabella 6 contengono le variazioni medie annue e le variazioni cumulate di produttività tra 1993 e 1999. Nelle colonne 2-5 sono invece riportati i valori medi annui delle singole componenti dell'indice di Malmquist, come proposte nella [2]¹⁷.

Le imprese appartenenti al comparto misto presentano una crescita di produttività globale lungo il periodo 1993-1999 pari a +2,4%. All'opposto le imprese urbane ed extraurbane si sono caratterizzate per un regresso pari rispettivamente a -4,6% e -11,9%.

Si osserva come l'incremento globale dell'indice di performance delle imprese miste sia associato alla componente legata all'effetto di comparto (+1,4% all'anno), mentre i casi di decremento dell'indice di produttività sono accompagnati da un indicatore PA in regresso, seppure debolmente.

Sembra emergere quindi il ruolo svolto dalle caratteristiche intrinseche del comparto misto. Gli effetti dinamici legati all'efficienza manageriale e di scala risultano inferiori all'unità, ma in misura alquanto limitata. L'opposto si verifica per le imprese urbane ed extraurbane, per le quali, a fronte di indicatori PA debolmente in regresso si osserva il contributo positivo (o quantomeno stabile) delle componenti manageriale in senso stretto e di scala.

Le imprese miste sembrano quindi aver reagito, in media, in maniera più diretta al cambio del regime di regolamentazione negli anni indagati.

L'osservazione necessita in ogni caso di alcune puntualizzazioni. L'analisi congiunta delle componenti esplicative dell'indice di Malmquist rivela come le imprese miste collocate sulla frontiera tecnologica, e quindi efficienti, si siano ulteriormente mosse verso un recupero di produttività più rapido rispetto agli altri comparti (come evidenziato dal confronto dei coefficienti PA), mentre le imprese miste inefficienti si siano mosse in direzione opposta, aumentando la loro distanza dalla frontiera tecnologica di comparto a causa di un regresso sia dell'efficienza tecnica manageriale che dell'efficienza di scala (come evidenziato dai coefficienti TE_{VA} e SEA).

All'interno del comparto misto si assiste quindi ad un'accentuazione dei divari di efficienza tra imprese, dovuto alla dinamica virtuosa delle imprese maggiormente efficienti (collocate sulla frontiera).

Da ultimo si sottolinea il ruolo indipendente svolto dalla componente tecnologica sottostante ($intT_{CA}$). Quest'ultima appare quasi ininfluente per il comparto misto e più incisiva, in senso negativo, per le unità urbane ed extraurbane¹⁸.

¹⁶ Dato il modello utilizzato, un indice di Malmquist superiore a 1 segnala un miglioramento di produttività, mentre un indice inferiore a 1 segnala un peggioramento di produttività.

¹⁷ Si è scelto di presentare i valori medi annui dell'indice di Malmquist e delle sue componenti, anziché i valori di ciascun anno rispetto a quello precedente, poiché la modifica del regime regolatorio è avvenuto, per le diverse imprese, non in un unico momento ma secondo differenti tempistiche.

¹⁸ Si fa osservare che il progresso tecnologico è misurato dallo spostamento della frontiera *inter-policy*. Tale spostamento si costruisce a partire dalla distanza tra le frontiere *inter-policy* osservate in anni contigui, ma è verosimile che la frontiera non abbia uno spostamento omogeneo in ogni punto. Ciò spiegherebbe la diversa entità della componente di *technical change* per i diversi comparti.

Tabella 6: Misure dinamiche di produttività (*)

	TE _v Δ	SEΔ	PA	IntPT _c Δ	Malmquist: Δ media annua	Malmquist: Δ totale
Output=PKM						
Urbane	1,004	0,998	0,998	0,992	0,992	0,954
Miste	0,992	0,997	1,014	1,001	1,004	1,024
Extraurbane	1,000	1,007	0,991	0,982	0,979	0,881

(*) Le colonne da 2 a 6 contengono valori medi annui, mentre la colonna 7 contiene la variazione complessiva sul periodo indagati calcolata come (*Malmquist Δ medio*)⁶.

7 Conclusioni

Il presente lavoro si è concentrato sull'analisi delle caratteristiche di efficienza da un punto di vista sia statico che dinamico di un campione rappresentativo di imprese erogatrici di servizi di trasporto pubblico locale (TPL). I fattori che determinano il livello di efficienza e la sua variazione nel tempo sono rappresentati da una componente manageriale interna, da una componente di scala, dall'impatto esercitato dal contesto operativo e dall'azione del progresso/regresso tecnologico.

Da un punto di vista statico, la metodologia utilizzata è derivata da Charnes *et al.* (1981). La presenza di interventi di regolamentazione condotti nel corso degli anni '90 ha indotto a ricondurre l'analisi in un'ottica dinamica. Nel presente lavoro si propone un'estensione del modello statico al fine di incorporare la prospettiva dinamica, attraverso una scomposizione *ad hoc* dell'indice di Malmquist.

Uno dei problemi principali relativi al settore TPL ha riguardato la definizione di procedure di sussidiazione in grado di generare incentivi al miglioramento dell'efficienza. La pratica della sussidiazione a consuntivo ha infatti per lungo tempo ostacolato la minimizzazione delle inefficienze gestionali ed il riequilibrio di bilancio. L'introduzione, negli anni '90, di forme di sussidiazione *fixed-price* ed il decentramento regionale delle responsabilità circa le risorse da destinare al settore rappresentano un punto di svolta.

Pur nella non univocità della scelta in merito alla grandezza di output del servizio, nel presente lavoro si è optato, sulla scorta di una letteratura consolidata, per l'utilizzo della variabile post-chilometro, in grado di catturare simultaneamente l'impatto tecnologico dovuto alla capacità media di carico dei veicoli e la percorrenza complessiva.

L'analisi condotta può essere sintetizzata nei seguenti risultati principali:

1. I coefficienti globali di efficienza evidenziano margini di recupero compresi tra il 15 e il 23%. Tale informazione risulta tuttavia grezza dal momento che necessita di una più specifica scomposizione nelle sue diverse determinanti. A tal proposito l'efficienza tecnica manageriale risulta costantemente superiore al 90%, rivelando, sotto tale profilo, una soddisfacente gestione operativa. Ciò sta ad indicare che, in media, il margine di inefficienza manageriale non supera il 10%. Il risultato è piuttosto inatteso se si considera che l'aspettativa è di una componente non secondaria di inefficienza dovuta a ragioni organizzative e gestionali interne. Si osserva, tuttavia, come permangano situazioni fortemente critiche, specialmente con riferimento al contesto extraurbano.
2. La componente di scala appare non trascurabile e potenzialmente causa di inefficienze, in particolare con riferimento alle imprese extraurbane. In quest'ultimo caso come per il comparto misto si osservano evidenti economie di scala per le imprese minori. Anche le dimensioni maggiori paiono associate ad inefficienze dovute a diseconomie. È possibile pertanto individuare per ciascun comparto un modello dimensionale ritenuto ottimale
3. Sempre sotto l'aspetto statico, la tipologia di comparto intrinsecamente più efficiente è quella

extraurbana, mentre l'appartenenza al comparto misto pare associata a un livello inferiore di performance

Si fa osservare che i risultati statici sono costituiti da medie di efficienza lungo l'intero periodo considerato. La questione relativa agli interventi di regolamentazione condotti nel corso degli anni '90 ha, tuttavia, indotto a ricondurre l'analisi, più propriamente, in un'ottica dinamica¹⁹.

4. Il comparto associato alla più elevata efficienza è quello extraurbano. Tuttavia tale risultato vale solo in un contesto statico e pare avere condizionato la performance dinamica, la quale appare (debolmente) in regresso. La migliore performance dinamica appartiene, invece, alle imprese miste. Allo stesso tempo le imprese miste evidenziano in media una perdita di produttività legata alla componente manageriale e di scala.

Mentre le imprese miste *efficienti* hanno ottenuto progressi di performance nel periodo, reagendo positivamente e più rapidamente rispetto ai raggruppamenti urbano ed extraurbano alla nuova logica di regolamentazione, le imprese miste *inefficienti* hanno ampliato nel tempo il loro divario rispetto al modello di *best practice* interno al comparto. In particolare tale regresso nelle caratteristiche di efficienza ha riguardato sia l'aspetto manageriale sia quello di scala. Certamente questo effetto può essere attribuito alla dinamica del *benchmark*, la quale è stata, come si è visto, sostenuta.

Questa considerazione richiama l'attenzione sul ruolo del pianificatore del servizio, in quanto l'integrazione tra bacini contigui urbani ed extraurbani potrebbe rivelarsi utile ai fini di un'accelerazione del processo di crescita della produttività media. Tale integrazione potrebbe essere realizzata attraverso procedure di gara *ad hoc*. Tale richiamo trova supporto anche in altri lavori empirici sul tema (Fraquelli *et al.*, 2004), tuttavia si sottolinea qui come l'intervento del pianificatore potrebbe essere più efficace qualora fosse accompagnato da opportuni schemi di incentivazione manageriale e nell'ottica della definizione di un assetto dimensionale ottimale. Solo la contemporanea presenza di tali elementi può fornire la base per un'efficace politica di integrazione.

¹⁹ Si fa osservare che, data la struttura della base dati, caratterizzata da sub-campioni di comparto stabili nel tempo, non è stato possibile verificare l'effetto dovuto a cambiamenti di regime di servizio (es. da urbano a misto), in quanto non presenti. Ciò potrebbe in ogni caso essere un interessante punto per future ricerche.

Appendice metodologica

Nella letteratura relativa alla metodologia DEA, il calcolo del grado di efficienza, ovvero della funzione di distanza di una DMU dalla propria frontiera di *best practice* è realizzato attraverso la risoluzione di algoritmi di programmazione lineare (Charnes *et al.*, 1978, Banker *et al.*, 1984).

Si definisca con $Y (=y_1, \dots, y_M)$ un generico vettore ($M \times 1$) di M output e con $X (=x_1, \dots, x_N)$ un generico vettore ($N \times 1$) di N input. Si definisca inoltre con $Y^j (=y_{j1}, \dots, y_{jM})$ il vettore di output riferito alla DMU j e con $X^j (=x_{j1}, \dots, x_{jN})$ il vettore di input riferito alla DMU j . La tecnologia può essere descritta attraverso l'osservazione dei dati empirici (X^j, Y^j) , con $j=1, \dots, J$ (dove J è il numero di imprese), individuando tutte le possibili combinazioni di input compatibili con ogni data combinazione di output secondo la seguente espressione:

$$L(Y) = \left\{ (x_1, \dots, x_N) : \sum_{j=1}^J z_j y_{jm} \geq y_m \quad m=1, \dots, M; \sum_{j=1}^J z_j x_{jn} \leq x_n \quad n=1, \dots, N; \sum_{j=1}^J z_j = 1 \right\}, \quad [A1]$$

dove le incognite z_j ($j=1, \dots, J$) sono dette *variabili di intensità* e permettono di creare delle combinazioni lineari tra input e tra output delle DMU realmente osservate. La [A1] individua dunque tutti i possibili vettori di input utilizzabili per produrre un certo livello di output Y . Essa prende il nome di *Input Requirement Set*, $L(Y)$. L'ultimo vincolo, che impone la sommatoria a 1 delle variabili di intensità, permette di mantenere flessibilità nell'ipotesi sui rendimenti di scala che caratterizzano la tecnologia. Esso, quindi, ammette una tecnologia con produttività media crescente per le minori dimensioni e decrescente per le maggiori dimensioni (*Variable Returns to Scale*, VRS)²⁰.

La misura Debreu-Farrel di distanza (Debreu, 1951; Farrel, 1957) è calcolata nel modo seguente:

$$D(X^j, Y^j) = \inf \{ \theta : (\theta X^j, Y^j) \in L(Y^j) \} \quad [A2]$$

Dalla [A2] si deduce che il coefficiente di efficienza è il minimo valore di θ tale per cui l'ammontare θX^j di input è ancora compatibile con l'output Y^j .

Qualora si operi in ipotesi VRS, $D(X^j, Y^j)$ cattura l'efficienza tecnica pura, di natura puramente manageriale. Qualora si operi in ipotesi CRS, la misura $D(X^j, Y^j)$ andrà a inglobare, oltre all'efficienza tecnica manageriale, anche un 'fattore di scala' (efficienza di scala o *Scale Efficiency*, *SE*) legato al fatto che la DMU osservata ha una dimensione diversa (maggiore o minore) da quella ottimale. Per costruzione, le misure di efficienza sono comprese tra 0 e 1, e assumono valore 1 quando l'unità osservata appartiene alla frontiera. Inoltre vale la condizione per cui:

$$\text{efficienza tecnica (CRS)} = \text{efficienza tecnica pura (VRS)} \times \text{efficienza di scala (SE)} \quad [A3]$$

Tale scomposizione permette di interpretare le cause dell'inefficienza, attribuendo la sua origine a carenze manageriali o a problemi di sovra(sotto)-dimensionamento.

L'identificazione della frontiera tecnologica (evidenziata nel paragrafo 4.1, in Figura 1) implica una perfetta comparabilità tra le unità osservate. In presenza di gruppi di unità operanti in regimi di *policy* differenti, la comparabilità è possibile solo all'interno dei gruppi ma non *tra* gruppi. Tuttavia, potrebbe essere interessante capire se le unità appartenenti ad un determinato gruppo si caratterizzano per vantaggi o svantaggi di efficienza rispetto agli altri gruppi, ovvero se la caratteristica distintiva di un gruppo abbia un impatto sulla performance.

L'approccio sviluppato da Charnes *et al.* (1981), e descritto anche in Thanassoulis (2001), permette di scomporre l'efficienza manageriale dall'efficienza di *policy*. Il modello si articola in 2 *stage*

²⁰ Togliendo l'ultimo vincolo della [1] si rimuove la possibilità di avere rendimenti di scala variabili e si impone la derivazione della tecnologia dietro l'ipotesi più restrittiva di rendimenti di scala costanti (*Constant Returns to Scale*, CRS).

(Figura 4).

Nel primo stage si calcolano il coefficiente θ per tutte le DMU, separatamente per ogni raggruppamento, ed i valori di input corrispondenti alle proiezioni delle unità inefficienti sulla frontiera (*target* efficienti). La misura di efficienza θ cattura gli effetti manageriali e di scala, l'attendibilità dei quali dipende dal fatto che le frontiere sono calcolate a partire da gruppi al loro interno omogenei.

Nel secondo stage si sostituiscono ai valori di input originali di tutte le DMU i valori *target* (X_T , Y_T) nel modo seguente (il pedice 'T' indica che si tratta di valori *target*):

$$\begin{aligned} x_{nT} &= \sum_{j=1}^J z_j^* x_{jn} & n=1, \dots, N \\ y_{mT} &= \sum_{j=1}^J z_j^* y_{jm} & m=1, \dots, M \end{aligned} \quad [A4]$$

dove le variabili di intensità z_j^* ($j=1, \dots, J$) rappresentano le soluzioni ottimali del problema di minimizzazione definito in [A1] e [A2].

Successivamente si sostituiscono i valori *target* ai valori originari per ciascuna unità e si procede alla determinazione di una unica nuova frontiera senza distinzione tra gruppi. Una volta depurati i valori originali dagli effetti manageriali e di scala, eventuali divari di efficienza ancora presenti sono attribuibili al carattere esogeno che contraddistingue il gruppo.

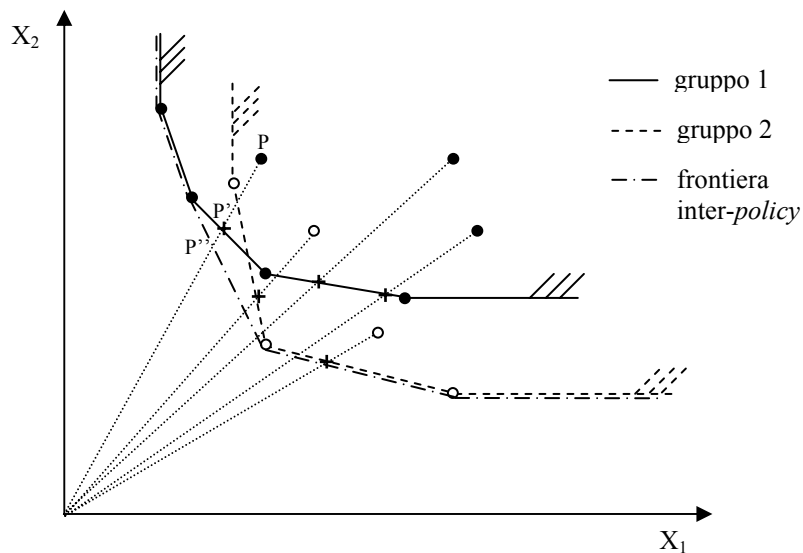


Figura 4: Frontiera inter-policy

Attraverso la rappresentazione in Figura 4, si osserva che i valori di input del punto P (appartenente al gruppo 1) si riducono proporzionalmente fino al punto P', che rappresenta il *target* sulla frontiera efficiente del gruppo di appartenenza. Il confronto tra il punto P' e la frontiera a sua volta costruita su tutti i valori *target* (frontiera inter-gruppo o inter-policy) rivela la presenza di un divario P'P''. Ciò è indice del fatto che, in corrispondenza del mix di input di P, persiste un surplus nell'uso dei fattori dovuto all'effetto di *policy* (Thanassoulis, 2001).

Con queste premesse, è possibile analizzare, a parità di altre condizioni, quale vantaggio/svantaggio di produttività sia associato alle caratteristiche operative di uno specifico comparto (urbano, extraurbano o misto) rispetto agli altri.

Nella letteratura sul tema è stato sviluppato anche un approccio dinamico basato sull'indice di Malmquist. La logica sottostante la scomposizione dell'indice di Malmquist è quella di individuare le diverse componenti che esercitano un'azione sul progresso/regresso di produttività di ogni singola DMU.

Considerando due anni contigui t e $t+1$ e utilizzando l'epoca t come *benchmark*, l'indice di

Malmquist misura la variazione di produttività mettendo a confronto la combinazione input-output del tempo $t+1$ con quella del tempo t , nel modo seguente (si omette l'apice j per semplicità):

$$MI^t = \frac{D_t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_t(X^t, Y^t)} \quad [A5]$$

in cui $D^t(X^t, Y^t)$ e $D^t(X^{t+1}, Y^{t+1})$ indicano rispettivamente le funzioni di distanza tra le combinazioni input-output osservate in t ed in $t+1$ rispetto alla frontiera in t . Nel primo caso si tratta di una misura di efficienza diretta, nel secondo di una misura di efficienza incrociata (*cross-time distance function*). L'indice nella [A5] è calcolato con riferimento alla frontiera nell'anno t , ma si potrebbe costruire un indicatore del tutto analogo che utilizzi come *benchmark* l'anno $t+1$. Dal momento che la scelta tra gli anni t e $t+1$ è arbitraria, si preferisce generalmente utilizzare la media geometrica dei due indici:

$$MI = \left[\frac{D_t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_t(X^t, Y^t)} \times \frac{D_{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2} \quad [A6]$$

Utilizzando la frontiera inter-policy come frontiera di riferimento, la [A6] viene adattata come segue:

$$MI = \left[\frac{D_t^{\text{int-p}}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_t^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)} \times \frac{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2} \quad [A7]$$

dove $D_t^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)$ indica la funzione di distanza della combinazione osservata (X^t, Y^t) dalla frontiera inter-policy al tempo t (lo stesso vale per le funzioni di distanza incrociate). Dopo una serie di passaggi algebrici, si perviene alla seguente formula:

$$MI = \left[\frac{D_{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_t(X^t, Y^t)} \right] \times \left[\frac{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X_T^{t+1}, Y_T^{t+1})}{D_t^{\text{int-p}}(X_T^t, Y_T^t)} \right] \times \left\{ \left[\frac{D_t^{\text{int-p}}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \times \frac{D_t^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)}{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)} \right] \right\}^{1/2} \quad [A8]$$

Il primo fattore della [8] può essere ulteriormente scomposto nell'effetto manageriale interno e di scala, come indicato in Färe *et al.* (1994b), ottenendo la seguente scomposizione finale dell'indice di Malmquist:

$$MI = \left[\frac{D_{t+1,v}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{t,v}(X^t, Y^t)} \right] \times \left[\frac{SE_{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{SE_t(X^t, Y^t)} \right] \times \left[\frac{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X_T^{t+1}, Y_T^{t+1})}{D_t^{\text{int-p}}(X_T^t, Y_T^t)} \right] \times \left\{ \left[\frac{D_t^{\text{int-p}}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \times \frac{D_t^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)}{D_{t+1}^{\text{int-p}}(X^t, Y^t)} \right] \right\}^{1/2} \quad [A9]$$

La prima componente cattura il cambiamento di produttività legato alla variazione delle condizioni manageriali interne (*Technical Efficiency Change* con ipotesi VRS, $TE_V\Delta$). Il pedice ' v ' sta a indicare che la misura di efficienza si riferisce alla frontiera di comparto VRS. Ciò permette di neutralizzare gli effetti di scala e di isolare l'impatto dell'efficienza tecnica dovuta alle condizioni gestionali interne.

La seconda componente cattura il cambiamento di produttività dovuto alla variazione della scala con cui l'unità opera (*Scale Efficiency Change*, $SE\Delta$). Esso è calcolato come rapporto tra l'efficienza di scala al tempo $t+1$ e al tempo t .

La terza componente è costituita dal rapporto tra la funzione di distanza dei valori *target* di una certa impresa osservati in $t+1$ rispetto alla frontiera inter-policy in $t+1$ e la funzione di distanza dei valori *target* della stessa impresa osservati in t rispetto alla frontiera inter-policy in t . Essa cattura l'impatto sulla produttività dovuto alle caratteristiche esogene che contraddistinguono un certo comparto (*Policy Factor Change*, $PA\Delta$). In tal modo è possibile valutare se, in media, le caratteristiche di operatività del comparto hanno generato vantaggi o svantaggi di produttività nel tempo rispetto agli altri comparti.

Infine, la quarta componente cattura l'effetto di progresso/regresso tecnologico medio del settore

(*inter-policy Technical Change* con ipotesi CRS, $intT_C\Delta$). L'effetto tecnologico misura le oscillazioni nel tempo della frontiera *inter-policy*, costruita sui valori *target* in ipotesi CRS.

Bibliografia

- Banker R.D., Charnes A. and Cooper W.W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Boitani A. e Cambini C. (2002), "Il trasporto pubblico locale in Italia. Dopo la riforma i difficili albori di un mercato", *Mercato concorrenza regole*, 1, 45-72.
- Boitani A. e Cambini C. (2004), "Le gare per i servizi di trasporto locale in Europa e in Italia: molto rumore per nulla?", *Economia e Politica Industriale*, n. 122, 65-99
- Cambini C. e Filippini M. (2003), "Competitive Tendering and Optimal Size in the Regional Bus Transportation Industry: An Example from Italy", *Annals of Public and Cooperative Economics*, 74(1), 163-182.
- Caves D.W., Christensen L.R. e Diewert W.E. (1982), "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity", *Econometrica*, 50 (6), 1393-1414.
- Charnes A., Cooper W.W. e Rhodes E.L. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes A., Cooper W.W. e Rhodes E.L. (1981), "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Coelli T., Prasada Rao D.S. e Battese G.E. (1998), *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cowie J. e Asenowa D. (1999), "Organisation Form, Scale Effects and Efficiency in the British Bus Industry", *Transportation*, 26, 231-248.
- De Borger B., Kerstens K., Costa A. (2002), "Public Transit Performance: What Does One Learn From Frontier Studies", *Transport Reviews*, 22 (1), 1-38.
- Debreu G. (1951), "The Coefficient of Resource Utilization", *Econometrica*, 19:3, 273-292.
- Fabbri D. (1998), "La stima di frontiere di costo nel trasporto pubblico locale: una rassegna e un'applicazione", *Economia Pubblica*, 3, 55-94.
- Färe R., Grosskopf S. e Lindgren B. e Roos P. (1994a), "Productivity Development in Swedish Hospitals: a Malmquist Output Index Approach", in Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M. (eds.), *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe R., Grosskopf S., Norris M. e Zhang Z. (1994b), "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries", *American Economic Review*, 84 (1), 66-83.
- Farrell M.J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, 120 (3), 253-290.
- 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*, 20, 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, 171-210.
- Fraquelli G. e 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 R. Fazioli, M. Filippini e M. Künzle”, in *L’efficienza nei servizi pubblici*, Banca d’Italia, Roma, pp. 215-232.
- Fraquelli G., Piacenza M. e Abrate G. (2001), “Il trasporto pubblico locale in Italia: variabili esplicative dei divari di costo tra le imprese”, *Economia e Politica Industriale*, 111, 51-81.
- Fraquelli G., Piacenza M. e Abrate G. (2004), “Regulating Public Transit Networks: Ho Do Urban-Intercity Diversification and Speed-up Measures Affect Firms’ Cost Performance?”, *Annals of Public and Cooperative Economics*, 75 (2), 193-225.
- Gagnepain P. e Ivaldi M. (2002a), “Stochastic Frontiers and Asymmetric Information Models”, *Journal of Productivity Analysis*, 18 (2), 145-159.
- Gagnepain P. e Ivaldi M. (2002b), “Incentive Regulatory Policies: The Case of Public Transit Systems in France”, *Rand Journal of Economics*, 33 (4), 605-629.
- Grosskopf S. (2003), “Some Remarks on Productivity and its Decompositions”, *Journal of Productivity Analysis*, 20, 459-474
- Kerstens K. (1996), “Technical Efficiency Measurement and Explanation of French Urban Transit Companies”, *Transportation Research A*, 30 (6), 431-452.
- Levaggi R. (1994), “Parametric and Non-Parametric Approach to Efficiency: The Case of Urban Transport in Italy”, *Studi Economici*, 49(53), 67-88.
- Lovell C.A.K. (1993), Production Frontiers and Productive Efficiency, in *The Measurement of Productive Efficiency*, H.O. Fried, C.A.K. Lovell e S.S. Schmidt (eds.), New York Oxford, Oxford University Press, 3-67.
- Lovell C.A.K. (2003), “The Decomposition of Malmquist Productivity Indexes”, *Journal of Productivity Analysis*, 20, 437-458.
- Marcucci E. (2002), “Il ruolo del contratto di servizio nella riforma del trasporto pubblico locale”, in *Competizione e regole nel mercato dei servizi pubblici locali*, L. Robotti (a cura di), Il Mulino, 237-264.
- Piacenza M. (2000), *The public transit systems in Italy: a critical analysis of the regulatory framework*, Working paper N. 16, CERIS-CNR
- Thanassoulis E. (2001), *Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Viton P.A. (1998), “Changes in Multi-Mode Bus Transit Efficiency, 1988-1992”, *Transportation*, 25, 1-21.