

ISSN 2282-6599

RIVISTA DI ECONOMIA E POLITICA DEI TRASPORTI

Anno 2021

Numero 3

R.E.P.O.T



SIET

Rivista Scientifica della Società
Italiana di Economia dei Trasporti e della
Logistica

Il beneficio degli utenti nella valutazione dei progetti: confronto fra Regola della Metà, Logsum, Costi Generalizzati e gli altri

Jérôme MASSIANI^{1*}

Ila MALTESE²

¹ Università Milano Bicocca, DEMS

²TRElab - Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze Politiche

Parole Chiave: [Analisi Costi Benefici, Regola della Metà; Logsum; Costi Generalizzati]

La Regola della Metà è un approccio consolidato e ampiamente utilizzato per la valutazione dei benefici di progetti nell'ambito dei trasporti.

Lo scopo del presente articolo è effettuare una valutazione comparativa fra la Regola della Metà e diversi metodi alternativi: in particolare il Logsum, derivato dai modelli di massimizzazione dell'utilità stocastica, ma anche diversi metodi d'impronta più empirica, come la variazione dei Costi Generalizzati e i Costi Cessanti.

L'analisi condotta suggerisce che solo la Regola della Metà e il Logsum offrono una coerenza concettuale adeguata. Fra i due, il Logsum appare attraente in tutti i contesti dove i suoi parametri sono coerenti con quelli del modello di scelta sottostante alla previsione di traffico utilizzato. Non c'è tuttavia motivo di privilegiare uno di questi due metodi rispetto ad un altro, in quanto si differenziano in primis, per l'ipotesi sulla parte non osservata degli attributi delle alternative - lineare in un caso, distribuita secondo una Gumbel nell'altro - e queste ipotesi sono poco testabili empiricamente.

* didier.massiani@unimib.it

1 Introduzione

Il dibattito fra economisti sulla valutazione delle infrastrutture di trasporto, come illustrato, ad esempio, in occasione dell'Analisi Costi Benefici (d'ora in poi ACB) della Torino-Lione, ha messo in evidenza il rischio concreto di fraintendimento riguardo a diversi concetti, altrimenti consolidati, della valutazione economica. In particolare, un concetto consolidato come quello della Regola della Metà è stato oggetto di interpretazioni in forte contrasto con la pratica internazionale e con lo stato attuale delle conoscenze.

In un companion paper (Massiani and Maltese, 2019), si desumeva come la maggior parte delle critiche avanzate alla Regola della Metà provenissero da una errata interpretazione di tale regola che contabilizza correttamente la totalità dei benefici conseguiti e non la metà, come erroneamente affermato in diversi documenti.

Questa rettifica non è tuttavia sufficiente per comprendere il campo di validità di questa modalità di calcolo e i suoi meriti in confronto a quelli offerti da altri metodi, in particolare il metodo Logsum e diversi altri approcci d'impronta più empirica, come la variazione dei Costi Generalizzati e i Costi Cessanti. Esistono diversi articoli che confrontano Logsum e Regola della Metà, in una prospettiva per lo più empirica o simulativa (de Jong et al., 2005; Nuzzolo and Beria, 2020) mentre agli autori non risulta alcuna pubblicazione che proceda a un confronto sistematico tra i diversi metodi disponibili. Lo scopo di questo articolo è di colmare questa lacuna.

Si potrà concludere che la variazione dei Costi Generalizzati e i Costi Cessanti sono indicatori fuorvianti, mentre il metodo Logsum offre un'alternativa teoricamente valida e praticabile quando si basa sull'applicazione di un modello di valutazione coerente con quello di previsione. Oltre a questo argomento, non sembrano esserci ulteriori elementi a favore del Logsum rispetto alla Regola della Metà, in quanto scegliere fra ipotesi che portano all'uno o all'altro modello dipende da scelte di convenienza e non è in generale testabili in maniera convincente. Oltretutto, questi due metodi non sono incompatibili tra loro, in quanto è possibile applicare la regola della Metà alla misura Logsum; è una modalità poco utilizzata, in grado però di ridimensionare eventuali contrapposizioni fra i due approcci.

La struttura dell'articolo prevede, dopo questa introduzione, una prima parte, che mostra in dettaglio i pregi e i limiti della Regola della Metà (sezione 2) e una seconda parte che illustra gli altri metodi (sezione 3). Successivamente, la sezione 4 mette a confronto i due metodi più interessanti (Logsum e regola della Metà), mentre l'ultima sezione (5) sintetizza i risultati e presenta le conclusioni.

2 La Regola della Metà: pregi e limiti

La sezione, dopo una breve descrizione del metodo (2.1), illustra i pregi (2.2) e i limiti (2.3) della Regola della Metà, anche detta Regola del mezzo o Regola del trapezio.

2.1 Formalizzazione della Regola della Metà

Secondo una formalizzazione presentata in Massiani & Maltese (2019) -altre formalizzazioni si possono trovare in Button (2006) e Quinet (1998)- la Regola della Metà considera il valore

dei Costi Generalizzati per diversi segmenti della domanda (laddove un segmento riguarda, ad esempio, gli spostamenti per lavoro nell'orario di punta del mattino, fra la zona 27 e la zona 12). Per parsimonia nella scrittura del modello, si tralascia la notazione corrispondente al segmento, ma ognuna delle relazioni messe in evidenza vale per ogni segmento, e mutatis mutandis, per l'insieme della domanda. Sono disponibili N modi di trasporto, qui limitati a $N=2$ per semplicità. Per ciascun modo $n \in N$ (0, 1), si misura un Costo Generalizzato C_n , ovvero C_0 e C_1 e si introduce ε_{ni} come componente non osservata del Costo Generalizzato dello spostamento i^1 .

Si consideri ora un progetto che migliora il modo 1 e modifica i costi come segue:

	Senza progetto	Con progetto
Modo 0	$C_0 + \varepsilon_0$	$C'_0 + \varepsilon_0$
Modo 1	$C_1 + \varepsilon_1$	$C'_1 + \varepsilon_1$

L'analista è in grado di misurare come il progetto modifica C_n , ovvero la parte osservata dei costi generalizzati del modo n^2 .

Nel caso generale si suppone, pertanto, che:

- $C'_1 < C_1$, cioè il progetto riduce i Costi Generalizzati misurati del modo migliorato (1);
- $C'_0 \leq C_0$, cioè il progetto può ridurre i Costi Generalizzati misurati del modo iniziale (0);
- $(C_1 - C'_1) > (C_0 - C'_0)$, da cui si evince che il progetto riduce i Costi Generalizzati misurati del modo migliorato (1) in misura maggiore rispetto a quanto riduca quelli dell'alternativa modale (0).

Indicato con Q_n il numero degli spostamenti che utilizzano il modo n , il beneficio complessivo del progetto include i benefici:

1. della domanda indotta per il modo 0 (nuovi utenti del modo 0);
2. della domanda indotta per il modo 1 (nuovi utenti del modo 1);
3. degli individui che continuano ad utilizzare il modo 1

$$Q_1 \cdot (C_1 + \varepsilon_1 - C'_1 + \varepsilon_1) = Q_1 \cdot (C_1 - C'_1) \quad \text{eq 1}$$

4. degli individui che continuano ad utilizzare il modo 0

$$Q_0 \cdot (C_0 + \varepsilon_0 - (C'_0 + \varepsilon_0)) = Q_0 \cdot (C_0 - C'_0) \quad \text{eq 2}$$

¹ In generale, il modello ha come unità di analisi lo spostamento (raggruppato in appropriati segmenti), ma, vista la coincidenza 1 a 1 tra soggetto e spostamento, spesso, nella presentazione dei modelli, si tende a parlare di "individuo" o utente nella presentazione dei modelli. Si mantiene qui, per quanto possibile, la dicitura "spostamento", ma talvolta verrà usato il sinonimo "utente" o "individuo", quando ciò non rischi di provocare confusione nel ragionamento.

² Questa ipotesi restrittiva è quella ritenuta valida nei più tradizionali modelli di massimizzazione dell'utilità stocastica.

5. degli utenti che si trasferiscono da 0 a 1

$$\sum_i (C_0 + \epsilon_{i0}) - (C'_1 + \epsilon_{i1}), \quad \text{eq 3}$$

Quest'ultima equazione si può anche scrivere:

$$\sum_i (C_0 + \epsilon_{i0}) - (C'_0 + \epsilon_{i0}) + (C'_0 + \epsilon_{i0}) - (C'_1 + \epsilon_{i1}) \quad \text{eq 4}$$

La somma di queste diverse componenti, dopo opportune trasformazioni³ può essere riscritta come:

$$\frac{1}{2}(Q_0+Q'_0)(C_0 - C'_0) + \frac{1}{2}(Q_1+Q'_1)(C_1 - C'_1) \quad \text{eq 5}$$

in cui si riconosce la Regola della Metà applicata ai due modi considerati.

L'aspetto più sorprendente di questo risultato è che nell'equazione 5 non compare alcun riferimento alla variazione di Costo Generalizzato misurato per gli utenti trasferiti dal modo 0 al modo 1 ovvero $(C'_0 - C_1)$: i benefici sono calcolati solo sulla base della variazione di costo di ciascun modo considerato separatamente: $(C_0 - C'_0)$ e $(C_1 - C'_1)$. Tale risultato deriva dalle operazioni matematiche che hanno consentito di eliminare dal computo dei benefici la componente inosservata dei Costi Generalizzati, ■.

Sulla base di questa semplice formalizzazione è possibile evidenziare i pregi e i limiti del metodo della Regola della Metà.

2.2 I pregi

I pregi del modello riguardano diversi aspetti: l'estrema parsimonia, che riguarda sia le ipotesi sia i dati; la robustezza rispetto a errori di misura; la fondatezza microeconomica; la possibilità di generalizzarlo a qualunque dimensione di scelta.

Estrema parsimonia di ipotesi

Un'ipotesi sufficiente è che la curva di domanda sia lineare sull'intervallo di interesse di ogni segmento di mercato. Questo aspetto è stato talvolta oggetto di critiche la cui portata, però, può essere facilmente ridimensionata.

In primis si tratta di un'ipotesi sufficiente, ma non necessaria: l'ipotesi necessaria è che la differenza fra le componenti non osservate dei costi generalizzati abbia media uguale al valore intermedio fra il min e il max del costo generalizzato. Inoltre, l'ipotesi di linearità è compatibile con elasticità o pendenze della funzione di domanda diverse fra i diversi segmenti di domande. Fra tali segmenti (che l'analista, per mancanza di dati, potrebbe non essere in grado di distinguere) può esserci, in effetti, una diversa "sensibilità" ai Costi Generalizzati, che si riflette, quindi, in una diversa pendenza delle singole curve di domanda. Anche in questo caso, tuttavia, la domanda aggregata sarà comunque lineare: l'aggregazione di varie domande lineari, pur con pendenza diversa, fornisce a sua volta una domanda complessiva lineare. In altre parole, la Regola della Metà è invariante rispetto all'aggregazione o alla disaggregazione della domanda.

³ Per il dettaglio dei passaggi si veda: Massiani & Maltese (2019).

Estrema parsimonia di dati

La parsimonia di dati è estrema. I dati richiesti sono solo Quantità e Costi Generalizzati, nelle due situazioni con e senza progetto. Come scrive Meunier (2014, pagina 6, nota 3):

“Se non si ha a disposizione alcuna curva di domanda, ma solo i punti di partenza (situazione senza progetto) e arrivo (situazione con progetto), l'approssimazione meno azzardata è quella di considerarla/ipotizzarla lineare, il che equivale ad applicare la "regola del trapezio" o "regola della metà" tradizionalmente usata”.⁴

Sono dati essenziali, senza i quali, cioè, non avrebbe neanche senso pensare di valutare un progetto

Parsimonia epistemologica

La Regola della Metà non necessita della definizione di una funzione di utilità. Mentre per molti altri modelli, quali la random valuation, o il regret minimisation (Diecidue and Somasundaram, 2017) è necessaria

Micro-fondatezza

In apparente contrasto con il punto precedente, la Regola della Metà può essere derivata da una formalizzazione microeconomica di rigore pari a quella implementata nei modelli di Massimizzazione dell'Utilità Stocastica (Delle Site and Salucci, 2018). Infatti, essa può essere formulata come un modello di scelta stocastica in cui la differenza fra i termini aleatori dei diversi modi segue una distribuzione uniforme sull'intervallo di interesse.

In questi approcci, l'utilità del raggiungere la destinazione è data e non cambia in base al modo scelto. L'utilità che gli utenti considerano nella propria scelta del modo di trasporto dipende solo dagli attributi del modo. Il beneficio netto degli utenti trasferiti si potrà scrivere come somma delle variazioni dei costi generalizzati osservati e di quelli non osservati. Se vale l'ipotesi di ripartizione lineare (ipotesi sufficiente) si ottiene la Regola della Metà. Per una dimostrazione più dettagliata si rimanda a Delle Site & Salucci (2018, 2021).

Robustezza agli errori di misurazione

Un aspetto ancora più importante è rappresentato dal fatto che il metodo risulta robusto agli errori di misurazione dei Costi Generalizzati che ineriscono alla componente non osservata μ_{in} dei Costi Generalizzati. La Regola della Metà utilizza la situazione di indifferenza degli individui marginali per ovviare al fatto che la componente non osservata non possa essere misurata (equazione 5 dove non compaiono termini d'errore). Se un costo è misurato con errore in entrambi i casi (con o senza progetto), la Regola della Metà produce un risultato corretto, cioè non distorto dall'errore stesso. In questo modo, il metodo è valido anche nelle situazioni in cui i Costi Generalizzati sono misurati con distorsione.

⁴ “Si l'on ne dispose pas des courbes de demande mais uniquement des points de départ (situation sans projet) et d'arrivée (situation avec projet) la moins mauvaise approximation consiste à extrapoler linéairement, ce qui correspond à la « règle du trapèze » ou « règle de la moitié » utilisée classiquement” (Meunier, 2014, pagina 6, nota 3)

Generalizzabilità a qualunque dimensione di scelta

Un ulteriore pregio riguarda la possibilità di generalizzare il metodo a qualunque dimensione del choice set. Qualunque sia N il numero di modi considerati, la Regola della Metà si può applicare con la seguente formulazione.

$$\sum_{n=1}^{n=N} \frac{1}{2}(Q_n + Q'_n) \cdot (C_n - C'_n) \quad \text{eq 6}$$

Tale vantaggio si rivela tanto più importante nei contesti multimodali e nel caso in cui la distinzione tra i diversi modi (si pensi alla difficile collocazione dei modi di trasporto ibridi come ad esempio il tram-treno, rispetto al tram o al treno) appare arbitraria e lascia ampia discrezionalità agli analisti.

Generalizzabilità al traffico indotto

Inoltre, la Regola della Metà si generalizza senza difficoltà al caso del traffico indotto (Neuburger, 1971). Per la precisione, la differenza fra traffico indotto e diversione modale non è di natura sostanziale ma, piuttosto, tassonomica: il traffico indotto (nuova utenza) risulta una forma di trasferimento modale, da una modalità non-trasportistica (ad esempio il telelavoro) a una modalità trasportistica (lo spostamento verso il luogo di lavoro).

Concludendo sui pregi, la Regola della Metà presenta oggettivamente svariati vantaggi, soprattutto considerando la sua semplicità formale. Nonostante calcoli poco complessi, essa mette a disposizione una misura micro-fondata, parsimoniosa di dati e di ipotesi, robusta ad errori sistematici, invariante rispetto all'aggregazione/disaggregazione dei mercati, generalizzabile a qualunque ampiezza delle opzioni di scelta, compresa la scelta di spostarsi oppure no (domanda indotta).

2.3 I limiti

Il nodo gordiano: l'ipotesi di linearità della domanda.

La questione più discussa della Regola della Metà riguarda la linearità della domanda, ossia la distribuzione uniforme delle situazioni individuali all'interno del segmento considerato. A questo proposito, è utile premettere che:

–l'ipotesi di linearità è un'ipotesi sufficiente, non necessaria. Se si adotta un approccio matematico rigoroso, la regola vale anche se le oscillazioni attorno al trend lineare hanno somma pari a 0 nell'intervallo d'integrazione (condizione certamente fortuita, ma coerente con il modello sottostante);

–sotto questa ipotesi (o qualunque formulazione dell'ipotesi necessaria), la Regola della Metà offre una misura esatta del risultato. Pertanto, non è un risultato approssimato, nel senso più rigoroso del termine.

Si potrebbe obiettare che il risultato è comunque approssimato perché l'ipotesi sottostante non ha motivo di essere rispettata con esattezza. La questione è allora duplice e coinvolge, da un lato, la validità epistemologica di tale risultato e dall'altro, la deviazione che risulta dell'eventuale violazione delle ipotesi.

Sul primo punto, ci si interroga su quanto il carattere semplificatorio dell'ipotesi sia invalidante. Anche laddove la Regola della Metà potesse fornire un risultato approssimato, ciò non ne ridurrebbe l'interesse. Del resto, l'epistemologia contemporanea mette in evidenza il merito dei metodi approssimati, come illustrato nel seguente riquadro (Riquadro 1).

Riquadro 1 – il valore dei metodi approssimati nella scienza

I metodi approssimati hanno diversi meriti nella scienza contemporanea:

- hanno un ruolo nel progresso della conoscenza;
- sono necessari in assenza di una soluzione esatta;
- sono utili anche in presenza di una soluzione esatta.

Riguardo al primo punto, Guilbaud (1998) e Barberousse (2008) mostrano il ruolo fondamentale dei metodi approssimati nel progresso della conoscenza scientifica, e, in particolare, della matematica.

Riguardo al secondo punto, è consuetudine che si utilizzi un parametro con un valore troncato, oltre che d'obbligo per i numeri irrazionali (π "≈" 3,14159...). Si usano anche funzioni per approssimarne altre, in un intorno, ad esempio: $\tan(\alpha) = \alpha$, o $e^x = x + 1$. Si può -anzi, si deve -, in assenza di un'alternativa migliore, utilizzare un parametro con un valore non esatto, (come la costante dei gas perfetti, quando in realtà nessun gas segue questo parametro). Intere branche della matematica si basano su soluzioni approssimate, come gli spazi di Banach o di Hilbert, come descritti, ad esempio, da Bouleau (2017).

Riguardo al terzo e ultimo punto, sempre Bouleau mostra come metodi approssimati sono correntemente utilizzati in ingegneria anche quando ne esistono di (più) esatti, ad esempio per la resistenza dei materiali o la teoria ottica di Gauss.

Venendo più specificamente alla Regola della Metà, esistono molti procedimenti fisici che si basano su un'approssimazione o sui valori di una funzione utilizzando solo due punti estremi; ad esempio, la velocità puntuale può essere approssimata come velocità media su un segmento breve.

Anche in economia si fa spesso ricorso a modelli approssimati: $\ln(1+g)$ è spesso utilizzato come approssimazione del valore di g , quando questo è vicino a 0. Spesso i sistemi di equazioni dei modelli d'Equilibrio Generale Calcolabili (CGE) sono risolti con un metodo di simulazione piuttosto che analiticamente.

Infine, nelle applicazioni numeriche, le scelte relative alla specificazione di un modello possono avere un impatto molto maggiore di quanto ne abbia l'utilizzo di metodi approssimativi. (Burfisher, 2011) mostra l'impatto della scelta fra diverse funzioni di utilità, Cobb-Douglas o altre, sui risultati di un modello CGE, nelle sue simulazioni questo effetto appare molto più importante rispetto a quello di eventuali metodi approssimati nel calcolo.

In secondo luogo, la Regola della Metà viene in genere applicata su diversi segmenti, migliaia o decine di migliaia nella maggiore parte dei modelli di cui si ha conoscenza (Beria et al., 2018); ad esempio nel modello Antonin (ANalysis of Transport Organisation and New INfrastructures) per la pianificazione dei trasporti nell'Ile-de-France, esistono 984 zone che generano 968.256 coppie Origine-Destinazione (OD) ulteriormente segmentate in base al periodo e al motivo di viaggio. Dunque, l'ipotesi di linearità riguarda solo la distribuzione delle situazioni individuali all'interno di ogni segmento, mentre rimane salva l'idea che non ci possa essere diversa sensibilità della domanda di trasporto fra segmenti diversi di domanda.

Fatte queste premesse, poiché la questione è spesso sollevata, è comunque rilevante esaminare gli elementi a favore e quelli contrari all'ipotesi di linearità della funzione di

domanda. I paragrafi successivi esaminano questa tematica sia in generale, sia nell'ambito dei trasporti.

Alcune indicazioni microeconomiche sulla convessità

Diversi autori hanno formulato varie considerazioni rispetto a questo tema. Neuburger (1971) considerava curve di domanda di trasporto convesse verso l'origine. Scott (1997) esamina uno dei motivi di convessità della curva di domanda (e, di conseguenza, del ricavo marginale). Se la DAP, ovvero la disponibilità a pagare (altrimenti detta "prezzo di riserva", o "prezzo massimo") è diversa per la prima unità del bene dei diversi consumatori (i diversi consumatori "entrano nel mercato" man mano che il prezzo si abbassa) e i consumatori sono interessati a comprare eventualmente anche più unità del bene stesso, se il prezzo si abbassa ulteriormente, allora la curva di domanda sarà convessa, almeno nella sua prima parte. Allen (2008) completa questo ragionamento e suggerisce che le curve siano sigmoidali, ovvero convesse per piccole quantità e concave per valori superiori. La parte concava della curva di domanda si spiega con la saturazione: "al diminuire del prezzo, la quantità domandata inizialmente aumenta lentamente, poi più rapidamente, infine (...), di nuovo lentamente. Non viene mai richiesta una quantità maggiore rispetto al livello di saturazione. La curva di domanda interseca entrambi gli assi ed è prima convessa e poi concava (cioè con forma a S o sigmoidale) rispetto all'asse del prezzo"⁵. Questa situazione è illustrata in figura 1 adottando tre diversi sistemi di riferimento cartesiano. Quello (Q,P) convenzionale in micro-economia, quello (P,Q) talvolta più intuitivo per i non-economisti, quello invece che riporta sull'asse delle ascisse il miglioramento del modo considerato (ad esempio abbassamento del prezzo rispetto a un prezzo di riferimento). Quest'ultima somiglia alla rappresentazione convenzionale dei modelli RUM.

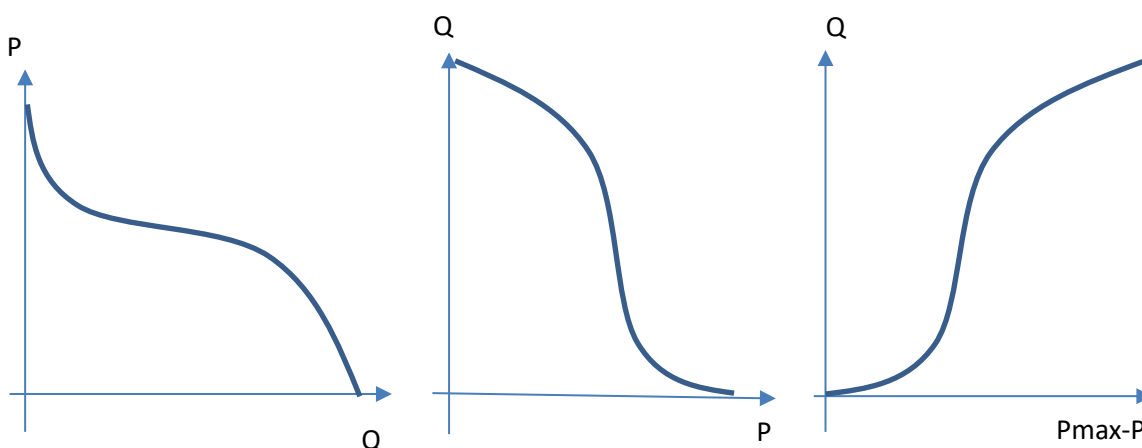


Figura 1 - Una singola ipotesi di convessità, rappresentata in tre modi diversi

Le indicazioni citate possono stimolare la riflessione, ma si applicano alla curva di domanda nel suo complesso. Spesso un progetto infrastrutturale riguarda, invece, una sezione limitata

⁵ "As the price falls, the demand increases slowly at first, then rather rapidly and finally (...) slowly again. The family never demands more than the "saturation" amount (...). The demand curve cuts both axes and is first convex and then concave [s-shaped] to the price axis" (Allen, 2008, p. 113 in 1964 edition)

della curva di domanda dove le variazioni rispetto alla linearità possono essere ridotte. Inoltre, servirebbero ulteriori indicazioni più specifiche nell'ambito della domanda di spostamento. Perciò, è utile esaminare risultati specifici messi in evidenza nel campo dell'economia dei trasporti, per quanto siano poco frequenti gli esempi di documenti che testimoniano interesse per la questione della linearità.

La prova impossibile?

Sembra esserci una difficoltà insita nel formulare una dimostrazione teorica o implementare una verifica empirica dell'effettiva linearità della funzione di domanda. È ragionevole concludere che se una funzione di domanda è lineare (o può essere approssimata in questo modo) difficilmente questa proprietà potrà essere dimostrata.

Dal punto di vista teorico

Iniziamo con l'esaminare alcuni argomenti teorici a supporto della tesi della non linearità.

Dal punto di **vista spaziale**, un motivo specifico riguarda l'eterogenea distribuzione delle attività e delle persone nello spazio; a scala regionale o nazionale, tale eterogeneità implica che, man mano che migliora l'infrastruttura, possano essere interessati bacini d'utenza di dimensione diversa che, "transitando" lungo la curva di domanda, ne alterano la geometria.

Dal punto di vista **dell'eterogeneità delle preferenze**, sarebbe possibile ipotizzare per le disponibilità a pagare marginali un andamento che segue una distribuzione gaussiana (o normale). Alla base di questa ipotesi è il teorema del limite centrale (TLC), che vede tale distribuzione risultare dalla somma di numerose componenti aleatorie, addizionali, di uguale ampiezza e indipendenti fra loro. Se così fosse (ma allora le ipotesi ricordate sono importanti) ci sarebbe un motivo ulteriore per considerare curve di domanda non lineari.

Se si considerano insieme questi **fattori, spaziali e non, di eterogeneità**, è difficile giungere a una conclusione definitiva. Innanzi tutto, il teorema del limite centrale è poco rilevante in assenza di una condizione di indipendenza ed aleatorietà fra componenti; e questa condizione sarebbe poco plausibile, se si considera che la distribuzione delle attività nello spazio non è aleatoria (Christaller, 2009, prima edizione 1933; Lösch, 1944). Allo stesso tempo, l'impatto dell'eterogeneità nello spazio tende ad essere attenuata dalla diversità delle situazioni e delle preferenze all'interno di ogni area d'interesse o di ogni coppia OD; anche se alcuni segmenti di domanda rappresentano gruppi di dimensioni diverse, all'interno di ogni gruppo esiste una variabilità delle situazioni e ciò tende ad attenuare l'impatto dell'eterogeneità della domanda nello spazio.

Un ultimo elemento riguarda l'effetto combinato della scelta modale e del traffico indotto. Man mano che una modalità di spostamento migliora, si aggiungono altri utenti. A loro volta, quando la modalità di spostamento migliora al di là di quanto strettamente necessario al trasferimento modale del singolo utente, questi aumentano i loro spostamenti. Si potrebbe parlare di spostamenti indotti degli utenti trasferiti. Questo comporta un ulteriore aumento della domanda. Perciò se il trasferimento modale avesse un andamento lineare, l'effetto addizionale sopra descritto creerebbe un effetto non lineare che, nello specifico, imporrebbe

una curva di domanda complessiva convessa. Questo fenomeno è oggetto di approfondimento in altre ricerche in corso.

In definitiva, a parte l'ultimo elemento citato, sussistono pochi elementi a supporto di una sistematica concavità (o convessità) della curva di domanda, nel suo complesso o su diverse sezioni, il che costituirebbe condizione per una sistematica sotto (o sopra) stima da parte della Regola della Metà.

Pochi elementi empirici

Servirebbero dunque informazioni basate su dati empirici. Ma finora gli analisti non hanno mostrato interesse alla questione, se non in lavori isolati.

Del resto, l'ipotesi della forma della curva di domanda raramente può basarsi su elementi empirici; infatti, raramente sono osservabili più di due punti di equilibrio, ovvero coppie di coordinate (prezzo, quantità), almeno per dati aggregati. Se ci si attiene a questo tipo di dati, le stime econometriche delle funzioni di domanda di trasporto sono realizzate a un livello molto aggregato, con sistemi di domande multisetoriali, in cui il trasporto è uno fra i tanti beni disponibili (Almon, 1996, 1998). In caso di studio mono settoriale (Friedlaender and Spady, 1980; Croissant, 2000; Bilbao-Ubillos et al., 2015) le stime presentano ancora un livello elevato di aggregazione: riguardano la domanda per il settore generico dei trasporti o un suo comparto (ad es. trasporto merci a lunga distanza, mobilità urbana delle persone,...), ma non un determinato servizio di trasporto. Inoltre, le stime si basano su ipotesi a priori riguardanti la forma funzionale della domanda, pertanto, eventuali non linearità rivelate nelle stime sono più spesso dovute a specifiche ipotesi, piuttosto che a una caratteristica intrinseca del fenomeno analizzato. In presenza di stime empiriche di funzioni non lineari, andrebbe anche valutato quanto eventuali impurità o "rumore" nei dati potrebbero essere interpretati come non-linearità per un artificio del processo di stima (Lee, Kim and Newbold, 2005; Gomila, 2019). Una funzione di domanda lineare stimata tramite un modello Logit misura un grado di convessità anche quando questa è inesistente.

Anche modelli più specifici, basati su dati disaggregati, in cui si quantifica la domanda per un determinato servizio di trasporto (tipicamente, i modelli RUM – Random Utility models - calibrati su dati da Preferenze Dichiarate e Rivelate), in realtà, formulano specifiche ipotesi sulle preferenze degli utenti. Così, le caratteristiche, di linearità o meno, della funzione di domanda ivi calibrata non possono avere valore di controprova empirica in quanto sono assunte ex ante. Ad esempio, Massiani (1998) suggerisce un Logit, in cui gli attributi subiscono a loro volta una trasformazione logistica: questo migliora il fit del modello e inverte la convessità della curva di domanda, rispetto al logit standard, su gran parte del dominio.

Infine, alcuni lavori recenti testano empiricamente la validità dell'ipotesi di Gumbel su dati disaggregati. In uno dei pochi articoli disponibili Ye et al. (2017) giungono alla conclusione che "il test proposto rifiuta la validità della distribuzione standard di Gumbel nella maggior parte delle funzioni di utilità, richiedendo lo sviluppo di modelli di scelta robusti che superino gli effetti negativi delle violazioni delle ipotesi distributive sui termini di errore delle funzioni di utilità casuali."⁶

⁶ "the proposed test rejects the validity of the standard Gumbel distribution in most utility functions, calling for the development of robust choice models that overcome adverse effects of violations of distributional assumptions on the error terms in random utility functions." (pag.1)

Appurato che la questione della linearità è certamente l'aspetto più discusso del metodo, l'analisi proposta mette in evidenza i seguenti punti:

- esistono pochi elementi teorici conclusivi; alcuni suggeriscono una curva di domanda sigmoideale, ma sono fortemente congetturali;
- la linearità è una condizione sufficiente per l'applicazione della Regola della Metà, ma non necessaria. La condizione necessaria riguarda la distribuzione dei termini attorno al punto centrale del loro intervallo di valori ($\frac{\epsilon_{max} - \epsilon_{min}}{2}$);
- i risultati empirici che consentirebbero di verificare la convessità delle funzioni di domanda sembrano poco conclusivi. Alcuni risultati numerici misurano la convessità, che però risulta da un'ipotesi aprioristica insita nella specificazione del modello;
- esistono alcuni risultati simulativi, che confrontano la Regola della Metà con altre stime, ma hanno il valore di confronto fra ipotesi alternative, non di misura della deviazione fra la Regola della Metà e un metodo "corretto";
- i rari test empirici che valutano la principale ipotesi alternativa (distribuzione Extreme Value, o nello specifico Gumbel) forniscono poco supporto a tale ipotesi.

Esistono altri limiti?

Vi sono altri limiti che vengono spesso attribuiti alla Regola della Metà.

Quando la variazione dei costi è importante

Una prima difficoltà riguarda l'ampiezza della variazione dei costi considerata. La Regola della Metà sarebbe insoddisfacente in caso di modifiche importanti ai costi (SACTRA, 1999). Il motivo sottostante riguarda, di nuovo, la linearità ipotizzata della funzione di domanda. Se tale funzione non è lineare, allora l'approssimazione corrispondente sarebbe tanto più importante quanto più lo è la variazione di costo.

Inapplicabilità a un'alternativa nuova: una contingenza pratica

L'applicazione della regola necessita di avere a disposizione una coppia di osservazioni (prezzo, quantità) nelle due situazioni, con e senza progetto. Se tale dato non è disponibile nella situazione senza progetto, esiste un'impossibilità pratica ad applicare il metodo. Ancora una volta, la nozione di nuova alternativa è contingente alle categorizzazioni definite dall'analista. In una città dove è già presente una rete di autobus, cosa è una nuova alternativa? Un filobus? Un Bus ad alto livello di servizio (Bus Rapid Transit)? Un tram su gomma? Un tram su monorotaia? Un tram su binario? Una metropolitana leggera? In ogni caso, tanto più l'alternativa considerata sarà simile all'alternativa esistente, tanto più convincente sarà l'utilizzo della regola della Metà. Comunque, questo limite appare superabile se si adopera un impianto teorico rigoroso; questo potrà essere sviluppato in ulteriori approfondimenti.

In caso di cambiamento di utilità degli spostamenti

La Regola della Metà, nella sua versione standard, non considera la variazione dell'utilità dell'attività a destinazione. Se un'infrastruttura modifica l'uso del suolo, l'utilità di alcuni spostamenti può essere modificata e la Regola della Metà dovrebbe essere integrata (Geurs, 2006). Secondo Zondag et al., (2007) la Regola della Metà non è in grado di cogliere l'impatto delle politiche di utilizzo del suolo sull'accessibilità e può addirittura suggerire effetti di segno opposto a quello effettivo ⁷(Zondag et al., 2007). Un risultato notevole è inoltre presentato nel contributo di Simmonds e Bates (2001), che secondo (Parker, 2013) utilizzano un semplice esempio di piano della mobilità che modificando l'accessibilità ad/di un'area, la rende più attrattiva per utilizzi del suolo generatori di traffico aggiuntivo. Questi cambiamenti fanno aumentare sia il traffico sia la congestione, ma secondo gli autori nessuno sta peggio e molti stanno meglio; ciononostante la Regola della Metà stima benefici netti negativi"⁸.

Un caso di particolare interesse riguarda le politiche miste di trasporto e pianificazione. Geurs et al. (2006) mettono in evidenza che la Regola della Metà misurata sul mercato dei trasporti considera solo i vantaggi derivanti dall'intervento sulle infrastrutture di trasporto. Inoltre, la Regola della Metà viene utilizzata partendo dal presupposto che tutti i vantaggi che derivano agli agenti economici dall'accessibilità sono attribuibili a cambiamenti dei costi generalizzati all'interno del sistema di trasporto: "Second, and more important, the rule-of-half measure is used under the assumption that all accessibility benefits which accrue to economic agents are attributable to generalised cost changes within the transport system" (Geurs et al., 2006, pag. 646). Se l'intervento considerato è misto e comporta anche dirette modifiche dell'uso del suolo, i benefici corrispondenti non appariranno nella Regola della Metà applicata agli spostamenti. Non appare sempre chiaro, tuttavia, il significato della conclusione raggiunta: e in particolare, se invalida la Regola della Metà o se, come suggeriscono altri autori, la Regola della Metà sugli spostamenti vada completata con la sua generalizzazione agli altri mercati considerati.

L'impatto di queste considerazioni va relativizzato per almeno due motivi.

In primo luogo, sarebbe un potenziale errore ritenere che questi fenomeni di sostituzione spaziale giochino sempre a favore dei progetti. Mentre il progetto accresce l'attrattività di alcune aree, la fa invece diminuire per altre, che diventano relativamente meno interessanti.

In secondo luogo, un altro potenziale errore sarebbe quello di interpretare questi risultati come invalidanti per la Regola della Metà. In realtà essi mostrano che la modalità di applicazione della Regola della Metà più semplice va integrata, piuttosto che respinta. In particolare, gli effetti al di fuori del mercato dei trasporti possono essere trattati con un'ulteriore estensione della Regola della Metà. Nellthorp & Hyman (2003) propongono di aggiungere ai benefici osservati sul mercato dei trasporti quelli corrispondenti ad altri mercati

⁷ "The rule-of-half method is not capable of addressing these effects of land-use policies on accessibility; the application illustrates that the rule-of-half method can result in effects with the wrong sign." (Zondag et al., 2007, pag.1)

⁸ "Simmonds and Bates use a simple example of a transport scheme changing the accessibility to a zone and causing additional trip-attracting land-uses to locate there. These changes bring about increased trips and increased congestion. They demonstrate that nobody is made worse off, and many are made better off, but the normal rule of a half estimates negative net-benefits."(Parker, 2013, pag.10).

d'interesse, come quello immobiliare e del lavoro, per cui, indicando con RdM la stima corrispondente, si può scrivere che:

$$\text{beneficio totale} = \text{RdM(Trasporto)} + \text{RdM(Immobiliare)} + \text{RdM(Lavoro)}.$$

Sembra, dunque, che gli effetti sull'uso del suolo o, più in generale, l'utilità degli spostamenti, possano essere rappresentati tramite la Regola della Metà.

Mancata considerazione degli effetti di equilibrio generale

L'Analisi Costi Benefici è spesso (non sempre) realizzata in equilibrio parziale. Identica cosa si potrebbe dire della Regola della Metà, che dunque potrebbe apparire limitata rispetto a tecniche di analisi in Equilibrio Generale. Questa critica va tuttavia ridimensionata per due motivi.

L'utilizzo della Regola della Metà in equilibrio parziale dipende più da una modalità d'utilizzo che dalla natura stessa della Regola. In effetti, la generalizzazione a N modi di trasporto può essere ulteriormente estesa considerando M mercati⁹. Questo determina che i limiti generalmente attribuiti all'Equilibrio Parziale (tanto più parziale quanto la/e curva/e di domanda utilizzate corrisponde/ono a una definizione restrittiva del mercato di interesse) non riguardano la Regola della Metà, bensì solo una sua modalità d'applicazione.

Inoltre, anche in caso di applicazione in equilibrio parziale, la critica va relativizzata. In particolare, gli effetti addizionali al di fuori del mercato considerato, su altri spostamenti e su altri settori, possono essere complessivamente sia negativi sia positivi. In altri termini, l'approccio di equilibrio parziale non comporta una sistematica sottostima degli effetti.

Infine, questo aspetto è oggetto di ulteriore approfondimento da parte degli autori in altri manoscritti. La Regola della Metà consente di contabilizzare il valore della variazione di surplus sulla totalità dei beni di consumo disponibili per il consumatore. Questo può effettuarsi senza particolare difficoltà se non ci sono distorsioni nell'economia.

2.4 Confronto numerico

Se sono poco probanti gli elementi teorici, allora vale forse la pena di riflettere sui risultati numerici.

Misurare lo scostamento tra Regola della Metà e gli altri metodi?

Il contributo degli economisti alla questione si è concentrato su esercizi simulativi basati su ipotesi numeriche, più che su effettive osservazioni empiriche. Ma et al. (2015) confrontano la stima fornita dalla Regola della Metà - che per brevità verrà indicata come "stima RdM" - con quelle risultanti dall'applicazione del Logsum, mentre Nellthorp & Hyman (2003) propongono un confronto fra la stima RdM e quella per integrazione numerica (in sostanza, si tratta di applicare la Regola della Metà "per segmenti")¹⁰. Johansson & Kristrom (2015) e Bates (2005) stimano lo scostamento fra la stima RdM e la stima del surplus degli utenti con

⁹ Questo vale finché l'utilità marginale dei vari beni è costante, un'ipotesi accettabile per molte applicazioni pratiche.

¹⁰ Questi specifici confronti saranno presentati di seguito, nella parte dedicata al Logsum (3.4).

funzioni di domanda concave o convesse. La portata di queste simulazioni deve essere relativizzata, in quanto esse non misurano un errore commesso utilizzando un metodo approssimato, cioè la Regola della Metà, invece di una misura corretta; del resto, anche le misure Logsum, o l'integrazione numerica di funzioni di domanda ipotetiche, risultano da ipotesi, certo più elaborate di una semplice ipotesi di linearità, ma comunque spesso non testate. Ad esempio:

- la specificazione delle funzioni di domanda nei lavori di Bates (2005) o Johansson & Kristrom (2015) non è basata su evidenze empiriche ed esclude la presenza di punti di flesso nell'intervallo di integrazione; ora, questa fattispecie massimizza la deviazione fra la Regola della Metà e misure alternative basate su un'ipotesi non lineare;
- l'ipotesi di distribuzione di Gumbel per i termini stocastici delle funzioni d'utilità, sottostante al Logsum, è un'ipotesi di convenienza di calcolo generalmente non testata empiricamente o, quando testata, poco sopportata dai dati (Ye et al., 2017).

Nel complesso, questi confronti non consentono di misurare la bontà o meno della stima della Regola della Metà, ma solo la differenza fra diversi metodi ipotetici. Infine, queste simulazioni si basano sull'ipotesi di concavità o convessità delle funzioni di domanda su tutto l'intervallo d'integrazione, ossia l'assenza di punti di flesso. Rappresentano, dunque, una forma particolare di non-linearità, che tende a sovrastimare l'impatto dell'ipotesi di non-linearità rispetto al caso più generale, in cui possono esistere punti di flesso nell'intervallo d'integrazione.

Concludendo, al termine di questa analisi, la Regola della Metà, appare un oggetto scientifico con caratteristiche notevoli: estremamente parsimoniosa di dati e di ipotesi, generalizzabile a qualunque dimensione, compatibile con un approccio micro-fondato. Inoltre, nessuno dei limiti esaminati sembra minarne la validità. Appare a questo punto utile approfondire il confronto tra diversi metodi alternativi di valutazione e la Regola della Metà.

3 Gli altri metodi

Questa sezione presenta e confronti diversi procedimenti alternativi, come la variazione dei Costi Generalizzati, i Costi Cessanti, il Costo Medio, il Logsum

Innanzitutto, va chiarito che alcuni metodi proposti in letteratura con diversi nomi, sono in realtà riconducibili a un unico metodo. Ad esempio, la "domanda media", proposta da Cascetta (2009) ed espressa come:

$$DS_p = \frac{1}{2} \sum_{i=1,2} (d_i^{NP} + d_i^P) \cdot (g_i^{NP} - g_i^P) \quad \text{eq 7}$$

con d^{NP} = domanda senza progetto, d^P =domanda con progetto, g^{NP} =costo generalizzato senza progetto, g^P = costo con progetto (Cascetta, 2009, Equazione 10.2.16).

con altre notazioni, è riconducibile alla Regola della Metà:

$$\frac{1}{2} [(Q_1+Q'_1) \cdot (C_1-C'_1) + (Q_0+Q'_0) \cdot (C_0-C'_0)] \quad \text{eq 8}$$

perciò non va trattata in modo diverso da quanto fin qui proposto.

Quando, invece, i metodi sono sostanzialmente diversi, diventa rilevante comprenderne pregi e limiti. La letteratura si è interessata a questo tema solo sporadicamente e soprattutto in alcuni esercizi di simulazione numerica (Bates, 2005; de Jong et al., 2005; Ma, Kockelman and Fagnant, 2015; Nagel, Kickhoefer and Winter, 2015; Nellthorp and Hyman, 2003) o in alcuni testi sulla necessità di superare la Regola della Metà, in caso di variazione dell'utilità degli spostamenti o dell'uso del suolo (Geurs, 2006; Geurs et al., 2010), circostanza per altro ubiqua, in quanto non può mai essere scartata a priori. Le sezioni che seguono descrivono questa letteratura e confrontano le diverse alternative con la Regola della Metà.

3.1 La variazione dei Costi Generalizzati

Una prima alternativa alla Regola della Metà è la variazione dei Costi Generalizzati che, usando la notazione introdotta in precedenza risulta: $Q_{01}(C_0 - C'_1)$. In generale, questa misura darà un risultato errato, come evidenziato, in particolare, nella letteratura scientifica tedesca (Nagel, Kickhoefer and Winter, 2015) e come è ricordato nei seguenti paragrafi.

Sarebbe utile capire quanto spesso gli analisti utilizzino questo approccio. Una prima difficoltà è rappresentata dal fatto che l'approccio dei Costi Generalizzati è il più intuitivo e pertanto il suo utilizzo potrebbe in molti casi non essere documentato: perché uno studioso dovrebbe specificare di aver fatto quello che appare ovvio? In effetti, l'analista ottiene il valore delle variabili di interesse per i diversi segmenti investigati, per gli scenari con e senza progetto e sembra logico, allora, calcolarne la differenza e aggregarla su tutti i segmenti considerati. Questa semplicità, o ovvietà, del metodo legittima il dubbio che questi metodi distorti possano essere utilizzati molto più frequentemente di quanto documentato.

In particolare, il beneficio netto degli utenti trasferiti, così calcolato, potrà essere di segno sbagliato. Se il Costo Generalizzato ex-post del modo di destinazione (quello cioè su cui gli utenti si sono trasferiti) è superiore a quello del modo di origine (quello da cui gli utenti si sono trasferiti), ovvero se $C'_0 < C'_1 < C_1$, gli utenti subiranno un aumento dei Costi Generalizzati osservati. Questo risulta contraddittorio in relazione al fatto che hanno effettuato un cambio modale cercando, si suppone, di aumentare il loro benessere. Il motivo risiede nella componente non osservata delle loro preferenze, che dovrebbe invece essere considerata nel calcolo.

Solo in alcuni casi estremamente improbabili, e fortuiti, i Costi Generalizzati potranno fornire un risultato esatto. In effetti, una condizione necessaria e sufficiente per la validità dei Costi Generalizzati è la seguente:

$$B_i = \sum_i [(\epsilon_{0i} - \epsilon_{1i}) + (C_0 - C'_1)] = \sum_i [C_0 - C'_1] \quad \text{eq 9}$$

da cui si deduce

$$\sum_i (\epsilon_{0i} - \epsilon_{1i}) = 0 \quad \text{eq 10}$$

Esistono due fattispecie¹¹ che rispettano questa condizione.

¹¹ o tre se si considerano le scelte all'interno di un unico modo. In questo caso, la componente inosservata dei Costi Generalizzati dovrebbe elidersi, almeno se è intesa a rappresentare la preferenza modale.

Condizione su \mathcal{E} : individui identici o disaggregazione completa

La prima condizione riguarda individui identici; pertanto $\epsilon_{1i} - \epsilon_{0i} = 0$. La variazione dei Costi Generalizzati misura correttamente il beneficio netto in caso di disaggregazione totale e di piena informazione dell'analista su tutti i fattori determinanti la scelta degli utenti. Questo implica, inoltre, che un modello totalmente disaggregato, e completamente specificato, dove tutte le componenti del benessere di ogni utente fossero presenti e misurate senza errore, non necessiterebbe della Regola della Meta. Forse solo modelli Agent Based (ABM) potrebbero avvicinarsi a questa condizione (Gambardella, Rizzoli and Funk, 2002; Raney et al., 2003; El-Amine et al., 2017), ma dovrebbero essere disaggregati al livello del singolo spostamento e non del singolo utente. Inoltre, sono poche le applicazioni dell'ABM in contesti valutativi (Babakan, Alimohammadi and Taleai, 2015).

Condizione sui costi medi: costi medi identici fra i due modi

Una seconda fattispecie interessante riguarda la riscrittura della condizione $\sum_i (\epsilon_{0i} - \epsilon_{1i}) = 0$ nel caso in cui valga la Regola della Meta (ad esempio, se vale la linearità della funzione di domanda). Si definisce Δ la sovrastima ottenuta tramite i Costi Generalizzati rispetto ai benefici reali.

$$\Delta = \sum_i (C_0 - C'_1) - B = (C_0 - C'_1) \cdot T_1 - 1/2 \cdot (C_1 - C'_1) \cdot T_1 - 1/2 \cdot (C_0 - C'_0) \cdot T_1 \quad \text{eq 11}$$

$$\Delta = [(C_0 - C'_1) - 1/2 \cdot (C_1 - C'_1) - 1/2 (C_0 - C'_0)] T_1 \quad \text{eq 12}$$

$$\Delta = 1/2 (C_0 - C_1 + C'_0 - C'_1) T_1$$

Per T_1 diverso da 0, abbiamo:

$$\Delta=0 \Leftrightarrow 1/2 (C_0 + C'_0) = 1/2 (C_1 + C'_1). \quad \text{eq 13}$$

Cioè i costi generalizzati forniranno una stima esatta del beneficio netto degli utenti trasferiti solo se i costi medi (con o senza progetto) sono uguali fra i due modi. Si tratta di una condizione del tutto fortuita.

Invece, se i costi medi del modo di destinazione C_1 sono inferiori a C_0 , allora $\Delta > 0$: la variazione di costi generalizzati sovrastima i benefici. Una condizione già messa in evidenza da Delle Site & Salucci (2018).

L'impatto dell'errore nel caso generale

Quando non valgono le condizioni esposte sopra, cioè nella normalità dei casi, diventa necessario valutare in che direzione operi la distorsione, ovvero se si abbia sovra- o sottostima dei benefici netti. In particolare, potrebbe esserci sovrastima per alcuni segmenti, sottostima per altri, rendendo incerta una valutazione d'insieme. Un'indicazione, euristica, che dovrà essere confermata con dimostrazione analitica, è che il modo dominante (con maggiore quota modale) abbia un Costo Generalizzato inferiore al modo dominato. Se un progetto trasferisce utenti verso un modo dominato (sia nella situazione con, sia in quella senza progetto, o mediamente nelle due situazioni), i cui Costi Generalizzati siano cioè superiori, la variazione dei Costi Generalizzati sottostima il beneficio degli utenti. Seguendo questa modalità di calcolo, nelle molte situazioni dove il trasporto pubblico è "dominato", la variazione dei Costi Generalizzati sottostimerebbe tali benefici.

Si osserva, dunque, che la variazione dei Costi Generalizzati, che sarebbe il modo più intuitivo per calcolare i benefici netti, in realtà introduce una distorsione nel calcolo. Altri metodi potrebbero, dunque, essere proposti.

3.2 I Costi Cessanti

Un'altra modalità di calcolo presente in alcune valutazioni e linee guida è quella dei Costi Cessanti. Si tratta di un metodo di più difficile inquadramento in quanto pare sia utilizzato senza essere definito in modo univoco. La formalizzazione più definita può essere trovata in un documento della Banque Européenne d'Investissement (EIB, 2013) e in un documento del Ministero delle Infrastrutture (MIT, 2018). Sembra che si possano chiamare "costi cessanti" diverse modalità di calcolo del beneficio degli utenti trasferiti comunque basati sull'inclusione

Provando a definire meglio le modalità di calcolo chiamate "costi cessanti", si individuano le seguenti fattispecie:

1. Risparmio sul modo di origine degli utenti trasferiti.

Questo calcolo, di cui si trova un esempio nel metodo utilizzato dalla Banca Europea d'Investimento (EIB, 2013) è una modalità incoerente, visto che tralascia la variazione dei costi sul modo di destinazione.

Un esempio d'applicazione, non necessariamente rappresentativo, è il seguente (RFI, 2013, p. 58):

"Costi Cessanti riferiti alla modalità stradale"

(...). Le minori percorrenze veicolari su strada [consentite dal trasferimento modale] costituiscono un beneficio per la collettività in quanto permettono di liberare risorse per impieghi alternativi. Una approssimazione del "valore" di queste risorse liberate è rappresentata dal loro costo di produzione espresso a valori economici. La valorizzazione monetaria dei risparmi di costo connessi alla modalità stradale è ottenuta applicando il costo medio chilometrico alla quota di traffico (in termini di veicolo.km) dirottata dalla modalità stradale."

I risultati ottenuti con questo metodo possono essere così presentati (tabella 1)

Tabella 1 – I costi cessanti in uno studio di valutazione di un progetto ferroviario

Costi costruzione	-351
Valore residuo al 2060	49
Manutenzione straordinaria	-9
Costi gestione infrastruttura	-19
Costi esercizio ferroviario	-237
Benefici di risparmi di costi veicoli strada	512
Benefici da risparmi di tempo utenti ferroviari	29

Fonte : (RFI, 2013, p. 61).

In poche parole, questo calcolo considera fra i benefici la riduzione di costo stradale degli utenti trasferiti. Tale procedura si differenzia (1) dall'approccio descritto nei paragrafi precedenti - la variazione di costo generalizzato - in quanto non compare la variazione di costo degli utenti trasferiti alla ferrovia (in quanto diverso dalla voce del costo di esercizio ferroviario, invece inclusa) e (2) dalla Regola della Metà in cui compaiono solo le variazioni di costo su ciascun modo.

2. Variazione di costi fra modo di origine e modo di destinazione (utenti trasferiti). Il procedimento non è allora diverso dalla già esposta "variazione di Costi Generalizzati" (3.1), ponendo a confronto i costi pre e post progetto.

Beria (2021) osserva che, nel calcolo dei benefici degli utenti trasferiti, contabilizzare, per intero (e non divisa a metà) la variazione del Costo Generalizzato sul modo migliorato, così come il costo del viaggio precedentemente effettuato sul modo di origine, genera un errore. Insomma, aggiungere i costi cessanti tra le varie componenti del beneficio degli utenti trasferiti farebbe supporre che essi non debbano sostenere alcun costo sul modo di destinazione, il che porta a sovrastimare i benefici di qualunque cambio modale.

3. Somma della variazione dei costi d'esercizio e della variazione di surplus degli agenti.

Questa ultima procedura è citata da un documento metodologico che (MIT, 2011), che mette in evidenza come essa comporti un doppio conteggio.

La nozione di Costi Cessanti appare, dunque, come una categoria spesso definita in modo informale, multiforme, o quando lo è (EIB, 2013) comporta rischi di incoerenza teorica¹².

3.3 Il costo medio

Esiste anche un altro metodo, detto "metodo del costo medio" (average cost method) che sintetizza le informazioni sulle diverse modalità considerando un costo medio ponderato per le quote modali. Il metodo considera la generazione di traffico.

Con le nostre notazioni, il surplus degli utenti si scrive¹³:

$$DS = 1/2 [(Q'_1 + Q'_0) + (Q_1 + Q_0)] \cdot [(Q_0/Q) \cdot C_0 + (Q_1/Q) \cdot C_1] - [(Q'_0/Q') \cdot C'_0 + (Q'_1/Q') \cdot C'_1] \quad \text{eq 14a}$$

$$= 1/2 [(Q'_1 + Q'_0) + (Q_1 + Q_0)] \cdot [(Q_0 \cdot C_0 + Q_1 \cdot C_1)/Q - (Q'_0 \cdot C'_0 + Q'_1 \cdot C'_1)/Q'] \quad \text{b}$$

¹² Per una disamina più dettagliata di questo metodo si vedano tra gli altri: (Beria, 2021).

¹³ Con le notazioni già usate in (Cascetta, 2009) si definiscono i costi medi ponderati con o senza progetto come:

$$\bar{g}^P = p_1 (g_1^P, g_2^P) \cdot g_1^P + p_2 (g_1^P, g_2^P) \cdot g_2^P$$

$$\bar{g}^{NP} = p_1 (g_1^{NP}, g_2^{NP}) \cdot g_1^{NP} + p_2 (g_1^{NP}, g_2^{NP}) \cdot g_2^{NP}$$

Dove $p_i = d_i / (d_1 + d_2)$ è la quota modale del modo i . La misura del surplus è allora (equazione 10.2.18 in Cascetta 2009):

$$DS_p = \frac{1}{2} \left[d^T \left(\bar{g}^P \right) + d^T \left(\bar{g}^{NP} \right) \right] \cdot \left(\bar{g}^{NP} - \bar{g}^P \right)$$

Dove d^T è la domanda totale.

Con le nostre notazioni: \bar{g}^P è sostituito con $(Q'_0/Q') \cdot C'_0 + (Q'_1/Q') \cdot C'_1$, e \bar{g}^{NP} con $(Q_0/Q) \cdot C_0 + (Q_1/Q) \cdot C_1$

Malgrado ricerche approfondite non abbiamo riscontrato l'utilizzo di questo metodo, né della derivazione analitica della formulazione proposta. Lo si include comunque per completezza nella presentazione delle varie alternative.

3.4 Il Logsum

Il Logsum appare come l'alternativa più attraente rispetto alla Regola della Metà. In particolare, è micro-fondata, consente una coerenza completa fra modelli di domanda e modelli di valutazione. Ha anche buone credenziali accademiche. Anche se è stata formalizzata 40 anni fa, per lungo tempo è stata poco utilizzata. Più recentemente ne sono state effettuate applicazioni in diversi ambiti di ricerca e progetti, come ad esempio il Grand Paris Express¹⁴ o il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) di Milano (Beria, Bertolin and Grimaldi, 2018).

Definizione

Il Logsum nasce come misura del surplus nell'ambito dei modelli di scelta discreta o di massimizzazione dell'utilità aleatoria. E' già presente negli articoli seminali della teoria dell'Utilità Massima Stocastica (Cochrane, 1975; McFadden, 1978; Williams, 1977) e De Jong (2005) lo identifica in alcuni lavori anteriori.

Questi modelli rappresentano le preferenze degli utenti per un'alternativa tramite una funzione d'utilità indiretta U_{ij} che comporta una componente deterministica (osservata) V_{ij} e una componente stocastica (non osservata) μ_{ij} .

$$U_{ij} = V_{ij} + \mu_{ij} \quad \text{eq 15}$$

Si suppone che l'individuo scelga l'alternativa con maggiore utilità. Se si suppone che μ_{ij} segua una distribuzione di Gumbel identica e indipendente, la probabilità che si scelga l'alternativa i , si esprime come:

$$P(i) = \frac{e^{U_i}}{\sum e^{U_i}} \quad \text{eq 16}$$

Ovvero, la probabilità che venga prescelta l'opzione i è tanto maggiore quanto più alto è il suo peso, in termini di utilità, rispetto alla somma delle utilità di tutte le alternative possibili.

In questo contesto, pertanto, il surplus del singolo consumatore si può definire come il valore dell'utilità associata all'alternativa prescelta, ossia quella che offre la massima utilità, e il surplus dei consumatori si ottiene calcolando l'integrale della curva di domanda.

Il valore atteso della variazione di surplus degli utenti si esprime come (per una dimostrazione più estesa vedere (Kohli & Daly, 2006)).

$$\Delta Ex(CS_n) = (1/\lambda_n) [\ln (\sum e^{U_i}) - \ln (\sum e^{U'_i})]$$

Dove λ_n è l'utilità marginale del reddito dell'individuo n .

¹⁴ Nuova rete di linee metropolitane extra-urbane nell'Ile de France.

Questo approccio può essere generalizzato ad altri modelli più complessi come il Nested Logit oppure il Logit logaritmico in uso, ad esempio, nella pianificazione dei trasporti in Francia (Abraham, Bonnafous and Ray, 2016).

Il modello appare adeguato per diversi aspetti. Considera la curvatura della funzione di domanda, tenendo conto dell'eterogeneità delle disponibilità marginale a pagare tra i diversi consumatori, e dispone di almeno un parametro di calibrazione (il fattore di scala) per modellizzare questo aspetto. Un ulteriore vantaggio è la perfetta coerenza fra modello di domanda e modello di valutazione che deriva dall'utilizzo di un singolo quadro concettuale e computazionale. Infine, la difficoltà di calcolo è relativa quando il modello è già stato applicato al modello di previsione del traffico (de Jong et al., 2007).

Per questi motivi, il Logsum si propone come la principale alternativa alla Regola della Metà. Ciò rende necessario un più approfondito confronto fra i meriti di questi due diversi metodi.

4 Confronto fra Logsum e Regola della Metà

È utile chiedersi che differenza comporterebbe l'utilizzo del Logsum rispetto alla Regola della Metà. Il confronto può essere svolto a livello teorico o a livello empirico.

4.1 Le aspettative teoriche

Dal punto di vista teorico, vanno considerati due aspetti.

Un primo aspetto riguarda il ruolo delle quote modali considerate. In effetti, il Logit produce una curva di domanda convessa per quote di mercato inferiori al 50%, e concave per quote superiori. Si potrebbe, dunque, essere in presenza di una curva convessa, concava o mista (prima convessa, poi concava) in base all'intervallo di variazione delle quote modali considerate. Così, se il modo migliorato è dominato, la curva di domanda del modello Logit sarà convessa e "sotto" la curva di domanda lineare; perciò, l'area sotto la curva di domanda sarà inferiore a quella risultante da un'ipotesi di linearità. Invece, se il modo è dominante, varrà il contrario: l'area sotto la curva di domanda sarà maggiore rispetto a quella lineare. Infine, maggiore sarà la variazione di Costo Generalizzato, maggiore sarà la differenza fra Regola della Metà e Logsum (a meno che con questa variazione si superi il punto di flesso della curva di domanda sigmoide).

Il secondo aspetto teorico riguarda la mancata considerazione di effetti indiretti, in particolare di modifica all'utilità dei viaggi e/o di variazione nell'utilizzo del suolo. L'ipotesi sottostante è che tali modifiche dovrebbero migliorare l'impatto del progetto e che dunque la Regola della Metà calcolata sui costi generalizzati di spostamento, sottostimerebbe i benefici netti del progetto. Questo aspetto è oggetto specifico di alcune pubblicazioni tra cui (Geurs, 2006; Geurs et al., 2006, 2010; Zondag et al., 2007). Non appare sempre chiaro, tuttavia, il significato della conclusione raggiunta: se invalida la Regola della Metà o se, come suggeriscono altri autori, la Regola della Metà sugli spostamenti vada completata con la sua applicazione agli altri mercati considerati.

Sono dunque rilevanti due aspetti teorici: il primo relativo alla direzione indeterminata, il secondo per cui la Regola della Metà sul mercato dei trasporti fornirebbe una misura incompleta, a meno di essere completata su altri mercati rispetto al Logsum.

4.2 I confronti numerici

Oltre al confronto teorico, esistono diverse simulazioni empiriche.

In primo luogo, è utile ricordare che in molti casi la differenza fra i due modelli è molto ridotta. Long (1997) ricorda che se le probabilità sono fra 0,2 e 0,8, un modello Logit dà praticamente gli stessi risultati di una curva lineare.

Data questa premessa, alcuni studiosi - non molti, in verità - hanno quantificato la differenza fra Logsum e Regola della Metà. Tra gli altri, si vedano de Jong et al. (2007, 2005); Ma, Kockelman and Fagnant (2015), Winkler (2016).

La portata di questi confronti è tuttavia limitata. Prima di tutto, sarebbe da verificare l'esistenza di un publication bias: si propone (e si pubblica) più facilmente un risultato più netto, o "significativo" (qualunque senso si voglia dare a questo ultimo termine): gli studi dove si ottiene una differenza minima fra modelli hanno meno probabilità di essere pubblicati. Secondariamente, in alcuni casi, il significato da attribuire al confronto è limitato, in quanto alcune delle variabili del Logsum non sono presenti nella definizione del Costo Generalizzato utilizzato nello stesso confronto (de Jong et al., 2005); dunque solo una parte dello scostamento tra i due metodi può essere attribuita alla modalità di misurazione del surplus. Inoltre, la quasi-totalità delle simulazioni sono realizzate su dati sintetici (Ma, Kockelman and Fagnant, 2015) senza che il grado di curvatura della funzione di domanda sia calibrato su dati reali. Infine - e forse è l'aspetto più importante - in questo modo, si misura la differenza fra due stime, piuttosto che la differenza fra una stima e il risultato reale. Questo tende spesso a essere dimenticato dagli autori stessi di questi confronti.

Fatte queste premesse, si enunciano, di seguito, i principali risultati.

Delle Site & Salucci (2013, 2018) realizzano un confronto fra i due metodi e, per l'esempio considerato, concludono che dal punto di vista delle implicazioni di policy, il metodo basato sulla Logsum e la misura fornita dalla Regola della Metà si dimostrano equivalenti. Delle Site & Salucci, (2018; pag. 14) mostrano anche che è molto maggiore la differenza fra due modelli Logsum (con o senza effetto reddito) che quella fra modello Logsum (senza effetto reddito) e Regola della Metà.

Kohli e Daly (2006) affermano che "il beneficio principale calcolato con la Regola della Metà è del 9% maggiore rispetto a quello ricavato utilizzando il Logsum"¹⁵. Tuttavia, il confronto non è effettuato su una base perfettamente paragonabile, e quindi "lo scostamento potrebbe derivare dal fatto che la Regola della Metà non include i costi di guida che ci si aspetta tendano ad aumentare"¹⁶. De Jong (2005) confronta i risultati di un modello Logsum con stime RdM basate sul risparmio di tempo. L'implicazione reale del confronto dovrebbe essere

¹⁵ "Comparing the results with the logsum calculations, we see that the headline benefit is 9% higher with ROH than with logsums" (pag. 15)

¹⁶ "One aspect of the difference would be that driving costs have not been included in the ROH calculations and these would be expected to increase"

valutata con attenzione, in quanto la Regola della Metà non ha motivo di limitarsi al solo risparmio di tempo.

Ma et al. (2015) confrontano la variazione di benessere degli utenti calcolata con Logsum e con la Regola della Metà, giungendo alla conclusione che per lo più la stima Logsum dei benefici netti fornisce risultati inferiori a quella ottenuta tramite la Regola della Metà: “le variazioni monetizzate dei Logsum sono solitamente inferiori a quelle della Regola della Metà”¹⁷ (p. 73). Concludendo, si nota che la validità del confronto è limitata, per i motivi già indicati: i dati sono sintetici piuttosto che empirici, l’applicazione della Regola della Metà è “troncata”. Emerge tuttavia una tendenza della Regola della Metà a produrre stime più alte dei benefici e dunque più favorevoli ai progetti, Ma et al. concludono : “nella maggior parte dei casi, l’entità degli impatti calcolati dalla Regola della Metà è maggiore di quella ottenuto dalle variazioni del Logsum”.¹⁸

4.3 Limiti del Logsum

Il Logsum appare, dunque, come una modalità di calcolo dotata di forte coerenza teorica. Tuttavia, presenta alcuni limiti, alcuni effettivi, altri solo apparenti come descritto nei seguenti paragrafi.

I dati necessari

In relazione ai dati necessari e alla praticità computazionale, a prima vista, il Logsum sembrerebbe richiedere un maggior numero di dati rispetto agli altri modelli. In realtà, sia la Regola della Metà sia il Logsum possono utilizzare attributi in numero illimitato, che siano argomenti della funzione d’utilità o componenti del Costo Generalizzato. L’unico vero requisito specifico del Logsum sta nella stima di un parametro λ , e dunque in uno specifico lavoro di calibrazione che, in generale, non viene effettuata nella calibrazione del modello di scelta modale.

Imposizione sulla convessità

Il grado di convessità o concavità del modello può essere calibrato nella stima dei parametri del modello Logit sottostante il Logsum. Ma si tratta di una calibrazione sotto vincolo, in cui il segno della derivata seconda è predefinito. Si potrebbero considerare altre ipotesi in cui la curva di domanda presenti tre punti di flesso: Massiani (1998) propone un modello che presenta isteresi della curva di domanda attorno al 50% di quota modale; il modello così calibrato migliora il fit del modello rispetto a un tradizionale Logit.

Se la curva di domanda reale avesse invece una curvatura diversa da quella imposta dall’analista nella stima, lo stesso processo di stima potrebbe misurare una non-linearità solo perché condizionato a farlo, e fornire misure distorte delle variazioni di benessere.

Un risultato indeterminato

Nei modelli Logsum, i risultati sono molto sensibili alla specificazione del modello; si evidenzia dunque un forte grado di indeterminatezza dei risultati ottenuti con questo metodo.

¹⁷ “The monetized differences in logsum is usually smaller than the ROH”

¹⁸ “under most circumstances, the magnitude of the impacts calculated by RoH is larger than by the logsum differences”.



De Jong et al. (2005), confrontano diversi risultati ottenuti con diverse specificazioni del modello: Multinomial Logit o nested logit: “si evidenzia dunque un forte grado di indeterminazione dei risultati ottenuti con questo metodo”¹⁹. Salucci e Delle Site (2018) giungono a conclusioni simili.

Vincoli sulla valutazione

Kohli & Daly (2006) citano altri limiti di rado considerati che definiscono “Constrained valuation”: “L’utilizzo del Logsum significa che la valutazione utilizza i coefficienti di utilità del modello di domanda, il che rafforza la coerenza nell’applicazione, mentre potrebbe pregiudicarla tra regioni/aree diverse del paese”²⁰ (Kohli and Daly, 2006).

Cardinalità

Infine, un aspetto rilevante, ma poco spesso considerato, riguarda la cardinalità. Nonostante sia citato solo nella letteratura più tecnica, in realtà è un punto che richiede attenzione poiché limiterebbe notevolmente il campo di validità del Logsum. Kohli & Daly, (2006) citando un mimeo di Batley²¹, successivamente pubblicato (Batley, 2008), affermano che “(...) I calcoli Logsum (*verosimilmente*) conservano elementi cardinali dell'utilità e quindi non sono coerenti con l'economia del benessere classica”²²

Cerroni et al. (2014) osservano che nonostante i modelli RUM (Random Utility Maximisation) siano stati concepiti avendo in mente il concetto di utilità ordinale (Marschak, 1960; Marschak et al., 1963), McFadden (1968) vi ha incorporato proprietà dell'utilità cardinale, per risolvere questioni empiriche, ad esempio la valutazione delle politiche pubbliche (Batley, 2008). Batley & Ibáñez (2012) aggiungono che in svariati contributi “nell'applicare assunzioni sulla distribuzione di ε_n , l'utilità muta da un costrutto ordinale [...] a uno cardinale. Batley (2008) dedica particolare attenzione a questo punto...”²³

Cherchi (2012), infine, sostiene che l'applicazione pratica del modello RUM - come in precedenza già notato da Batley (2008), solleva problemi di compatibilità nell'analogia tra modelli neoclassici e Utilità Aleatoria. Infatti, la sua specificazione a scelta discreta produce modelli che esibiscono le proprietà dell'utilità cardinale, il che contrasta con le sue basi teoriche.

Se si dà il giusto peso a questo argomento, ciò significa che il Logsum non può fornire una misura di benessere economico e non dovrebbe essere utilizzato per la valutazione. La prospettiva preoccupante è che questa obiezione potrebbe allora applicarsi anche alla

¹⁹ “The logsum results for this project also vary, between different monetarisation methods and even more between different model specifications (nested versus multinomial logit)”. (de Jong et al., 2005), pag.67).

²⁰ “The use of the Logsum approach means that an appraisal is conducted using the utility coefficients of the demand model, which enforces consistency within an application but which may prevent consistency between different parts of the country.” (pag. 17).

²¹ Batley R. (2006), On ordinal utility, cardinal utility, and random utility. Unpublished. Institute of Transport Studies, University of Leeds, U.K.

²² “[...] Logsum calculations (arguably) retain cardinal utility elements and hence are not consistent with classical welfare economics. (pag.17)”

Regola della Metà, almeno nella formulazione in cui vengono assunte ipotesi sulla distribuzione della componente inosservata dei Costi Generalizzati.

5 Sintesi e Conclusioni

In questa sezione si riassumono i diversi elementi di confronto fra i vari metodi e si traggono alcune conclusioni.

5.1 Confronto fra i diversi metodi

Il confronto può basarsi su risultati numerici di tipo simulativo o empirico, su elementi teorico-concettuali e su elementi pratici riguardanti, in particolare, la fattibilità dell'approccio.

Dal punto di vista teorico e della praticità, la tabella seguente sintetizza i principali pregi e limiti dei vari metodi. Questa tabella riporta come primo elemento il surplus marshalliano o hicksiano che rappresenta la formulazione teorica del surplus e di cui le altre misure forniscono una stima.

Tabella 2 – diversi metodi di valorizzazione dei benefici degli utenti

Metodo	Pregio	Limite
Surplus marshalliano o hicksiano	<ul style="list-style-type: none"> • Coerenza teorica 	<ul style="list-style-type: none"> • In generale non è calcolabile per un determinato progetto
Costi cessanti	<ul style="list-style-type: none"> • Facilità di calcolo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornisce un risultato errato
“Domanda media”	<ul style="list-style-type: none"> • Riconducibile alla Regola della Metà 	<ul style="list-style-type: none"> • Cfr. Regola della Metà
Variazione del Costo Generalizzato (CG)	<ul style="list-style-type: none"> • Immediatamente comprensibile • Facilmente calcolabile 	<ul style="list-style-type: none"> • Il risultato è errato, se non in condizioni fortuite, finché non si misura in modo esatto il Costo Generalizzato di ogni singolo spostamento (condizione irrealistica). • Può fornire un risultato di segno errato: un miglioramento di una infrastruttura dominata può peggiorare i Costi Generalizzati. • Incompleta rispetto alla domanda
Regola della Metà	<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità di calcolo almeno nei casi più comuni. • Assoluta parsimonia di dati. • Compatibile con contesto di scelta intermodale, e di domanda indotta. • Compatibile con qualunque livello di aggregazione dei dati. • Generalizzabile anche a effetti indiretti e di equilibrio generale • Robusta a errori di misura sui costi generalizzati 	<ul style="list-style-type: none"> • Contro-intuitiva per i non specialisti • Ipotizza una forma particolare della funzione di domanda (ad esempio lineare) • <i>Va integrata in caso di cambio d'uso dei suoli.</i> • Ipotesi di cardinalità

Logsum	<ul style="list-style-type: none">• Coerenza con i modelli di scelta discreta RUM.• Può prendere in considerazione la <i>variazione dell'uso del suolo e dell'utilità degli spostamenti</i>.• <i>La difficoltà d'implementazione del calcolo è limitata nel caso generale dove un modello di domanda è già utilizzato.</i>	<ul style="list-style-type: none">• Maggiore complessità concettuale, <i>che ne limita l'uso ad analisti esperti e comporta rischi di uso errato.</i>• Maggiore costo (risorse umane) della procedura di valutazione.• Ipotizza una forma particolare della funzione di domanda• La distribuzione della componente <i>stocastica della funzione d'utilità è ipotetica</i>. Non è supportata nelle poche verifiche empiriche. La distribuzione di Gumbel è scelta per la sua praticità.• Il risultato è fortemente dipendente dalla specificazione del modello di scelta discreta sottostante (ad esempio Nested Logit versus MNL).• Ipotesi di cardinalità
--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Da questa tabella emerge comunque che solo la Regola della Metà e il Logsum (sempre che l'ostacolo della cardinalità non li squalifichi) possono essere considerati come strumenti di valutazione validi e praticabili. Quanto alle misure marshalliane o hicksiane, lo sarebbero solo in presenza di stime affidabili della curva di domanda per il progetto esaminato.

Giova allora introdurre un altro elemento, ossia la variabilità delle situazioni in cui si trovano gli analisti. E' lecito cioè chiedersi se ci siano situazioni in cui un metodo è preferibile all'altro. In molti casi, l'analista è tenuto ad applicare il metodo prescritto dalle Linee Guida. Ad esempio, molte Linee Guida (DG Regio, 2014) prescrivono l'utilizzo della Regola della Metà, mentre sono rare quelle che propongono l'uso del Logsum (Transportation Research Board, 2017). In altri casi, sono i dati a vincolare la scelta degli analisti: se un analista deve valutare un progetto sulla base dei risultati di un modello, di cui non dispone, (per esempio se la stima è elaborata da altri), difficilmente può utilizzare un metodo migliore della Regola della Metà.

5.2 Considerazioni finali

L'articolo ha approfondito l'approccio della Regola della Metà attraverso il confronto con altri metodi di misurazione del surplus degli utenti nell'ambito della valutazione di progetti di trasporto.

Innanzitutto, dal confronto tra i diversi metodi si evince chiaramente come solo la Regola della Metà e il Logsum possano rappresentare valide alternative per la valutazione. La variazione dei Costi Generalizzati può fornire elementi fuorvianti, di segno sbagliato, in molte situazioni che tendono a sottostimare i benefici per il modo dominato. I Costi Cessanti appaiono definiti in modo non univoco, e producono risultati non corretti. Quanto alle misure marshalliane e hicksiane del surplus, esse necessitano la conoscenza della curva di domanda, condizione che non è sempre verificata.

Diventa allora importante comprendere e soppesare pregi e limiti dei due metodi. Il Logsum ha diversi vantaggi in termini di spendibilità: è più recente (anche se ormai ha più di 40 anni), è più elaborato, ha anche un nome più appealing. Al contrario, la Regola della Metà appare blanda e il nome stesso può dare adito a malintesi (Massiani & Maltese, 2019). D'altro canto,

l'apparente maggiore micro-fondatezza del Logsum potrebbe farlo apparire più attrattivo, ma si tratta di una differenza solo apparente, poiché anche la Regola della Metà ha piena fondatezza microeconomica. Infine, sembra logico utilizzare un Logsum nella valutazione qualora si sia usato il Logit nella scelta modale. Tuttavia, l'argomento non è completamente convincente: il punto decisivo non è la coerenza interna della metodologia, ma la sua coerenza rispetto al mondo reale.

Si evidenzia perciò che i meriti comparativi del Logsum sono spesso solo apparenti. Da un lato, la Regola della Metà può essere altrettanto micro-fondata; dall'altro, la cardinalità del Logsum dovrebbe vietarne/comprometterne l'utilizzo ai fini della valutazione²⁴. Si evince anche che diversi argomenti più a favore del Logsum che non alla Regola della Metà si basano su una sua particolare modalità di applicazione e non sulle sue proprietà intrinseche. Ad esempio, in caso di modifica di destinazione dell'uso del suolo, niente vieta di applicare la Regola della Metà ad altre componenti del benessere collettivo (uso del suolo) (Nellthorp and Hyman, 2003). Infine, anche gli effetti di equilibrio generale possono essere valorizzati tramite la Regola della Metà, in quanto si può applicare a un numero illimitato di mercati. Ciò risulta più difficile nel caso del Logsum, in particolare quando il modello di utilità stocastica è applicato solo alle scelte trasportistiche.

L'aspetto più significativo del confronto fra Logsum e Regola della Metà potrebbe essere l'indecidibilità della questione, in particolare per l'impossibilità di misurare, per definizione, la parte non osservata delle preferenze e, comunque la difficoltà a formulare affermazioni sulle loro caratteristiche.

Forse l'indicazione più forte dell'indecidibilità sottostante si può trovare nella proposta di Bates (2005) di applicare congiuntamente Regola della Metà e Logsum.

$$\begin{aligned} \Delta S_{od|s} &= \frac{1}{2} \cdot (\text{trips}_{1,s} + \text{trips}_{2,s}) \cdot \frac{1}{\lambda_s} \\ &\cdot \left[\left(\ln \sum_m e^{\lambda_s \cdot GC_{2,od|s|m}} \right) - \left(\ln \sum_m e^{\lambda_s \cdot GC_{1,od|s|m}} \right) \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

In questo contesto, appare difficile formulare una raccomandazione a favore di un approccio rispetto ad un altro, soprattutto in presenza di proposte metodologiche che raccomandano l'utilizzo congiunto di questi due modelli.

²⁴ Si dovrebbe allora analizzare se la stessa obiezione non intacchi anche la validità della formulazione micro-fondata della Regola della Metà.

Riferimenti bibliografici

- Abraham, C., Bonnafous, A. and Ray, J.-B. (2016) 'Modèles de trafic et évaluation des avantages dans le calcul économique', *Les Cahiers scientifiques du transport*, (69–70), pp. 55–78.
- Allen, R.G.D. (2008) *Mathematical Analysis for Economists*. London: Read Books.
- Almon, C. (1996) 'A Perhaps Adequate Demand System'. Inforum Working Paper , nr 96–007.
- Almon, C. (1998) 'A Perhaps Adequate Demand System with Applications to France, Italy, Spain and USA', in: 12th International Conference on Input-Output Techniques, New York.
- Babakan, A.S., Alimohammadi, A. and Taleai, M. (2015) 'An agent-based evaluation of impacts of transport developments on the modal shift in Tehran, Iran', *Journal of Development Effectiveness*, 7(2), pp. 230–251. Available at: <https://doi.org/10.1080/19439342.2014.994656>.
- Barberousse, A. (2008) 'La valeur de la connaissance approchée. L'épistémologie de l'approximation d'Émile Borel', *Revue d'histoire des mathématiques*, 14(1), pp. 53–75.
- Bates, J. (2005) 'Economic evaluation and transport modelling: theory and practice', in *Selected Papers. International Association for Travel Behaviour Research, Luzern 2003*: Kay W. Axhausen.
- Batley, R. (2008) 'On Ordinal Utility, Cardinal Utility and Random Utility', *Theory and Decision*, 64(1), pp. 37–63. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11238-007-9046-2>.
- Batley, R. and Ibáñez, J.N. (2012) 'Randomness in preference orderings, outcomes and attribute tastes: An application to journey time risk', *Journal of Choice Modelling*, 5(3), pp. 157–175. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2013.03.003>.
- Beria, P. (2021) 'Tra teoria e pratica: le linee guida alla valutazione dei progetti di trasporto in Italia', in *L'Analisi economiche ambientale dei progetti di trasporto*. Recenti sviluppi. Egea Milano. In Ponti M. (ed.), pp. 21–46.
- Beria, P., Bertolin, A. and Grimaldi, R. (2018) 'Integration between Transport Models and Cost-Benefit Analysis to Support Decision-Making Practices: Two Applications in Northern Italy', *Advances in Operations Research*, 2018, p. e2806062. Available at: <https://doi.org/10.1155/2018/2806062>.
- Bilbao-Ubillos, J. et al. (2015) 'Flexible estimation of transport demand functions: recommendations for public policy makers', *Transportation Letters*, 7(5), pp. 241–251. Available at: <https://doi.org/10.1179/1942787514Y.0000000046>.
- Bouleau, N. (2017) *Penser l'éventuel*. Éditions Quæ. Available at: <https://doi.org/10.3917/quae.boule.2017.01>.
- Burfisher, M.E. (2011) *Introduction to computable general equilibrium models*. New York: Cambridge University Press.
- Button, K. (2006) *Transport Economics*. 3rd edition. Aldershot, Hants, England ; Northampton, MA: Edward Elgar Pub.
- Cascetta, E. (2009) *Transportation Systems Analysis: Models and Applications*. 2nd edn. Springer US (Springer Optimization and Its Applications). Available at: <https://www.springer.com/gp/book/9780387758565> (Accessed: 15 October 2019).
- Cerroni, S. et al. (2014) 'Subjective Risks, Scientific Information, and Food Choices: A Test of Scenario Adjustment in Hypothetical Choice Experiments', *SSRN Electronic Journal [Preprint]*. Available at: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2405981>.
- Cherchi, E. (2012) 'Modelling individual preferences, State of the art, recent advances and future directions.', in *Travel Behaviour Research in an Evolving World. 12th International Conference on Travel Behaviour Research, The International Association for Travel Behaviour Research*, pp. 211–228. Available at: <https://orbit.dtu.dk/en/publications/modelling-individual-preferences-state-of-the-art-recent-advances> (Accessed: 7 March 2020).
- Christaller, W. (2009) *Die zentralen Orte in Süddeutschland: Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischen Funktionen*. Darmstadt: wbg academic.
- Cochrane, R.A. (1975) 'A Possible Economic Basis for the Gravity Model', *Journal of Transport Economics and Policy*, 9(1), pp. 34–49.
- Croissant, Y. (2000) 'Fonction de demande et surplus : une estimation sur des données de panel pour les transports urbains français', *Économie & prévision*, 145(4), pp. 53–66. Available at: <https://doi.org/10.3406/ecop.2000.6112>.
- Delle Site, P. and Salucci, M.V. (2013) 'Transition choice probabilities and welfare analysis in random utility models with imperfect before–after correlation', *Transportation Research Part B: Methodological*, 58(C), pp. 215–242.



- Delle Site, P. and Salucci, M.V. (2018) 'Diversione modale e benefici degli utenti: tra intuizione e rigore', *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 1(2). Available at: <https://doi.org/10.13137/2282-6599/22393>.
- Delle Site, P., de Palma, A. and Kilani, K. (2021). "Consumers' Welfare and Compensating Variation: Survey and Mode Choice Application." Working Papers, Working Papers. <https://ideas.repec.org/p/hal/wpaper/hal-03719025.html>.
- DG Regio (2014) Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects for Cohesion Policy 2014-2020.
- Diecidue, E. and Somasundaram, J. (2017) 'Regret theory: A new foundation', *Journal of Economic Theory*, 172, pp. 88–119. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jet.2017.08.006>.
- EIB (2013) The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB.
- El-Amine, S. et al. (2017) 'Demand for Agent-Based Transportation Models & Social Behavioral Challenges', *Procedia Computer Science*, 113, pp. 210–216. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.351>.
- Friedlaender, A.F. and Spady, R.H. (1980) 'A Derived Demand Function for Freight Transportation', *The Review of Economics and Statistics*, 62(3), pp. 432–441. Available at: <https://doi.org/10.2307/1927111>.
- Gambardella, L.M., Rizzoli, A.E. and Funk, P. (2002) 'Agent-based Planning and Simulation of Combined Rail/Road Transport', *SIMULATION*, 78(5), pp. 293–303. Available at: <https://doi.org/10.1177/0037549702078005551>.
- Geurs, K. (2006) *Accessibility, Land Use and Transport: Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Developments and Policy Strategy*. Eburon Uitgeverij B.V.
- Geurs, K. et al. (2010) 'Accessibility appraisal of land-use/transport policy strategies: More than just adding up travel-time savings', *Transportation Research Part D: Transport and the Environment*, 15(7), pp. 382–393.
- Geurs, K., van Wee, B. and Rietveld, P. (2006) 'Accessibility Appraisal of Integrated Land-Use — Transport Strategies: Methodology and Case Study for the Netherlands Randstad Area', *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(5), pp. 639–660. Available at: <https://doi.org/10.1068/b31099>.
- Gomila, R. (2019) 'Logistic or linear? Estimating causal effects of treatments on binary outcomes using regression analysis'. Available at: <https://doi.org/10.31234/osf.io/4gmbv>.
- Guilbaud, G.T. (1998) *Leçons d'à-peu-près*. Diderot Multimédia.
- Johansson, P.-O. and Kriström, B. (2015) *Cost-Benefit Analysis for Project Appraisal*. Cambridge University Press.
- de Jong, G. et al. (2005) 'Using the Logsum as an Evaluation Measure: Literature and Case Study'. RAND Corporation. Available at: https://www.rand.org/pubs/working_papers/WR275.html (Accessed: 26 February 2020).
- de Jong, G. et al. (2007) 'The logsum as an evaluation measure: Review of the literature and new results', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(9), pp. 874–889. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.10.002>.
- Kohli, S. and Daly, A. (2006) 'Use of logsums in welfare estimation: application in PRISM', in: *European Transport Conference (ETC) Association for European Transport (AET)*. Available at: <https://trid.trb.org/view/846276> (Accessed: 27 February 2020).
- Lee, Y.-S., Kim, T.-H. and Newbold, P. (2005) 'Spurious nonlinear regressions in econometrics', *Economics Letters*, 87(3), pp. 301–306. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2004.10.016>.
- Long, J. (1997) *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Sage Publishing. Available at: <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/regression-models-for-categorical-and-limited-dependent-variables/book6071> (Accessed: 6 March 2020).
- Lösch, A. (1944) *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*. Verlag von Gustav Fischer.
- Ma, S., Kockelman, K.M. and Fagnant, D.J. (2015) 'Welfare Analysis using Logsum Differences versus Rule of Half: Series of Case Studies', *Transportation Research Record*, 2530(1), pp. 73–83. Available at: <https://doi.org/10.3141/2530-09>.
- Massiani, J. (1998) *La linéarité de la valeur du temps*. Mémoire de DEA. Université Paris XII Créteil.
- Massiani, J. and Maltese, I. (2019) 'La regola della metà nella valutazione economica delle infrastrutture: utilità e coerenza', *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 2. Available at: <https://www.openstarts.units.it/handle/10077/30965> (Accessed: 18 November 2020).
- McFadden, D. (1978) 'Modeling the choice of residential location', *Transportation Research Record [Preprint]*, (673). Available at: <https://trid.trb.org/view/87722> (Accessed: 27 February 2020).

- Meunier, D. (2014) *Calcul du surplus de l'utilisateur, Tome 2 Rapport «L'évaluation socio-économique en période de transition»*. Paris: Commissariat général à la stratégie et à la prospective Département Développement durable.
- MIT (2011) Studio comparato sui metodi internazionali di valutazione preventiva delle opere pubbliche dal punto di vista della fattibilità tecnico-economica. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- MIT (2018) *Appendice. Tabelle di sintesi dell'analisi della mobilità urbana /ACE/ACB: Istruzioni per la compilazione*. appendice all'Addendum dell'Avviso di presentazione istanze per accesso alle risorse per il trasporto rapido di massa. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- Nagel, K., Kickhoefer, B. and Winter, M. (2015) 'Reverse-engineering of the rule-of-half in order to retrofit an assessment procedure based on resource consumption', *Zeitschrift fuer Verkehrswissenschaft*, 86(3). Available at: <https://trid.trb.org/view/1398862> (Accessed: 17 August 2019).
- Nellthorp, J. and Hyman, G. (2003) 'Alternatives to the rule of a half in matrix-based appraisal, Toolkit for the Economic Evaluation of World Bank Transport Projects, Paper for the European Transport Conference, Cambridge, 10-12 September 2001'. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Neuburger (1971) 'User Benefit in the Evaluation of Transport and Land Use Plans', *Journal of Transport Economics and Policy*, 5(1), pp. 52–75.
- Nuzzolo, A. and Beria, P. (2020) 'Cost-benefit analysis: (numerical) comparison of consumer surplus computation methods', in. European Transport Conference.
- Parker, C. (2013) Appraising transport strategies that induce land use changes, NZIER Working Paper. 2013/4. New Zealand Institute of Economic Research. Available at: https://ideas.repec.org/p/ris/nzierw/2013_004.html (Accessed: 27 February 2020).
- Quinet, E. (1998) *Principes d'économie des transports*. Economica.
- Raney, B. et al. (2003) 'An Agent-Based Microsimulation Model of Swiss Travel: First Results', *Networks and Spatial Economics*, 3(1), pp. 23–41. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1022096916806>.
- RFI (2013) Raddoppio Pescara Bari. Raddoppio tratta Termoli-Ripalta-Lesina. progetto preliminare. Analisi Costi-Benefici. Direzione Strategia e Pianificazione.
- SACTRA (1999) 'Transport and the economy. Technical report'. Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, TSO, London.
- Scott, C.E. (1997) 'Identifying The Profit Maximizing Price May Be Much Tougher Than Textbooks Indicate', *B>Quest* [Preprint]. Available at: <https://www.westga.edu/~bquest/1997/profit.html> (Accessed: 28 February 2020).
- Transportation Research Board (2017) Guide for Conducting Benefit-Cost Analyses of Multimodal, Multijurisdictional Freight Corridor Investments. Edited by S. Vadali et al. Washington, DC: The National Academies Press. Available at: <https://doi.org/10.17226/24680>.
- Williams, H.C.W.L. (1977) 'On the Formation of Travel Demand Models and Economic Evaluation Measures of User Benefit', 9(3), pp. 285–344.
- Winkler, C. (2016) 'Evaluating Transport User Benefits: Adjustment of Logsum Difference for Constrained Travel Demand Models', *Transportation Research Record*, 2564(1), pp. 118–126. Available at: <https://doi.org/10.3141/2564-13>.
- Ye, X. et al. (2017) 'A practical method to test the validity of the standard Gumbel distribution in logit-based multinomial choice models of travel behavior', *Transportation Research Part B: Methodological*, 106, pp. 173–192. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.10.009>.
- Zondag, B. et al. (2007) 'Accessibility evaluation: there's more to it than just summing up travel cost reductions', *Proceedings of the European Transport Conference 2007 held 17-19 October 2007, Leiden, the Netherlands* [Preprint]. Available at: <https://trid.trb.org/view/859867> (Accessed: 31 October 2019).