

2° CORSO

CONOSCERE E PROGETTARE I SERVIZI DI TRASPORTO PUBBLICO

1° Modulo L'analisi della domanda nella pianificazione dei servizi di TPL: obiettivi e dimensioni di analisi

Analisi della domanda effettiva e della domanda potenziale

Giuseppe Inturri

Roma – 02/05/2022



in collaborazione con

Con il patrocinio di

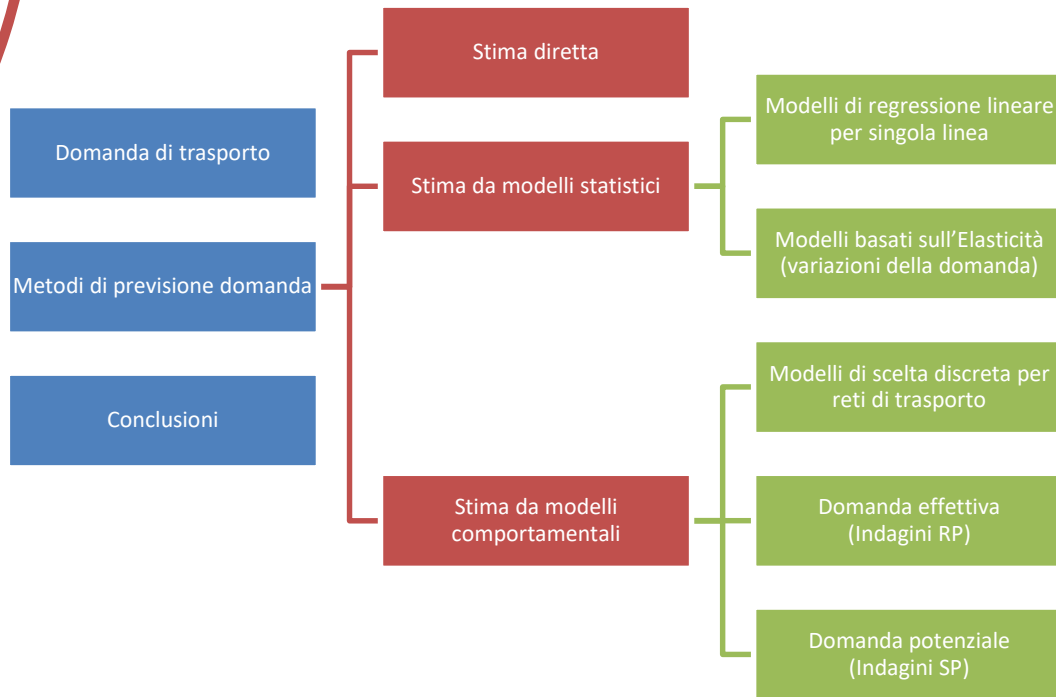


PROVINCIA
DI COSENZA

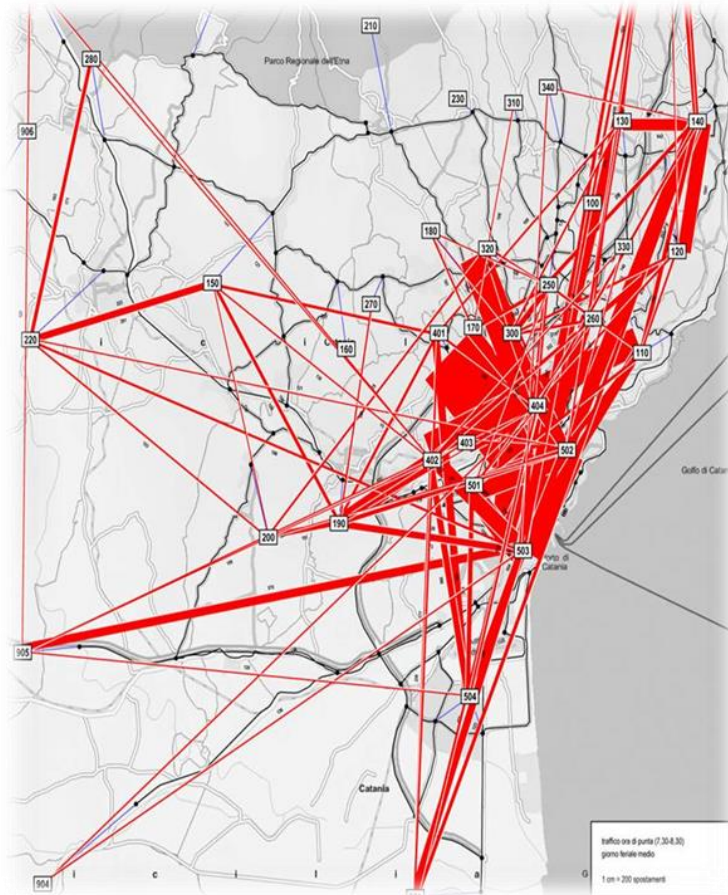
Si ringraziano per il loro importante contributo



OUTLINE

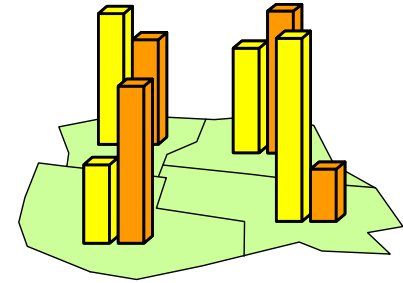


DOMANDA DI TRASPORTO

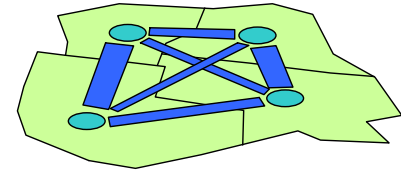


DOMANDA DI TRASPORTO

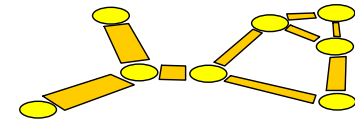
- **L'ambiente territoriale**, attraverso la sua forma fisica e la sua organizzazione funzionale, rappresenta la **causa** del nascere della mobilità, mentre i **trasporti** sono lo **strumento** che consente a tali relazioni di concretizzarsi.
- Lo spostamento in sé, pertanto, non costituisce, generalmente, l'obiettivo dell'individuo ma solo una fase intermedia necessaria per il raggiungimento dei luoghi dove realizzare quelle attività dalle quali l'individuo riceve un certo livello di **soddisfazione** personale.
- Per questo motivo la domanda di trasporto, intesa come il numero di persone con certe caratteristiche che si spostano in un certo intervallo di tempo, viene definita "**domanda derivata**", in quanto deriva appunto dalla necessità di usufruire di beni e servizi diversamente localizzati sul territorio.
- La **mobilità** rappresenta, dunque, il **risultato** della scelta di ogni singolo cittadino di realizzare un certo tipo di relazione; più propriamente, è il risultato di un insieme di scelte, effettuate in momenti diversi, temporalmente anche molto distanti, con effetti più o meno duraturi, ma strettamente concatenate tra loro.



Land Use



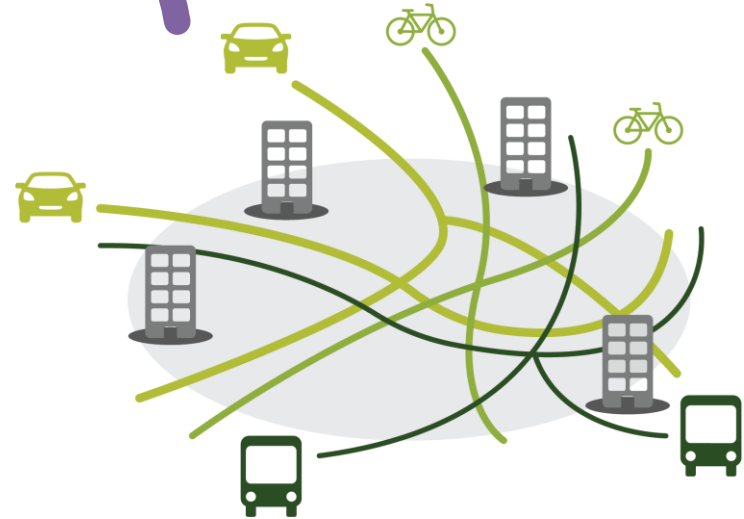
Spatial Interactions



Transportation Network

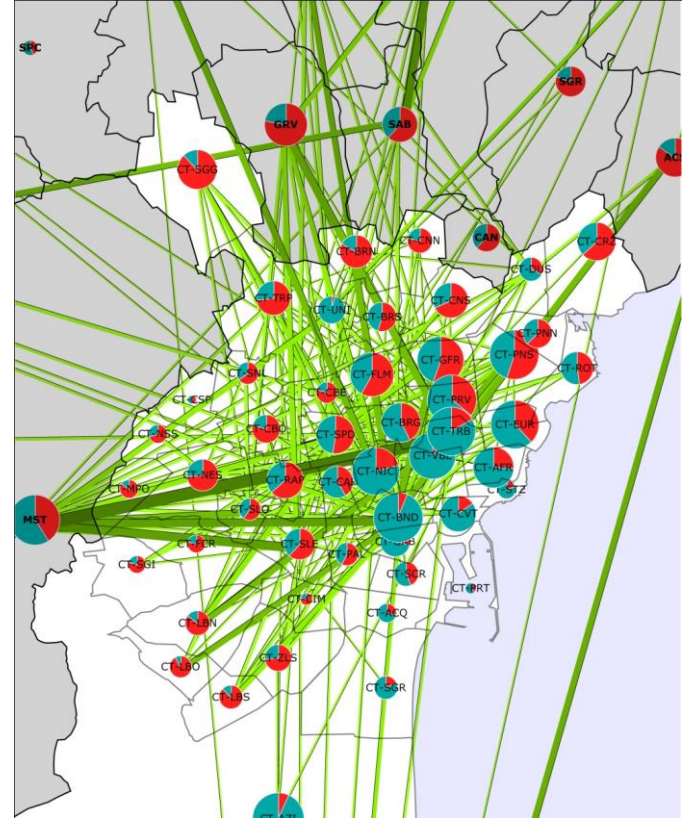
LA DOMANDA DI TRASPORTO

- La domanda di trasporto è il numero di utenti, con determinate caratteristiche, che utilizza un sistema di trasporto in un determinato periodo di tempo (ora, giorno, ecc.).
- L'unità di misura è *utenti/tempo*
 - Veic/h trasporto stradale individuale
 - Pass/h trasporto collettivo
 - Ton/h trasporto merci
- In generale si può parlare di *spostamenti/h*
- La domanda di trasporto interagisce con l'offerta di trasporto generando **flussi di spostamenti sulle diverse reti (mobilità)**



CARATTERISTICHE DELLA DOMANDA

- **flussi O/D** distinti per origine e destinazione in un dato periodo;
- **variazione nel tempo** dei flussi (annuale, mensile, settimanale, giornaliera, oraria);
- **motivi** dello spostamento;
- impianti di trasporto e **modi** utilizzati;
- **costi** sopportati per lo spostamento (o meglio percepiti)



INTERAZIONE TRASPORTI-TERRITORIO

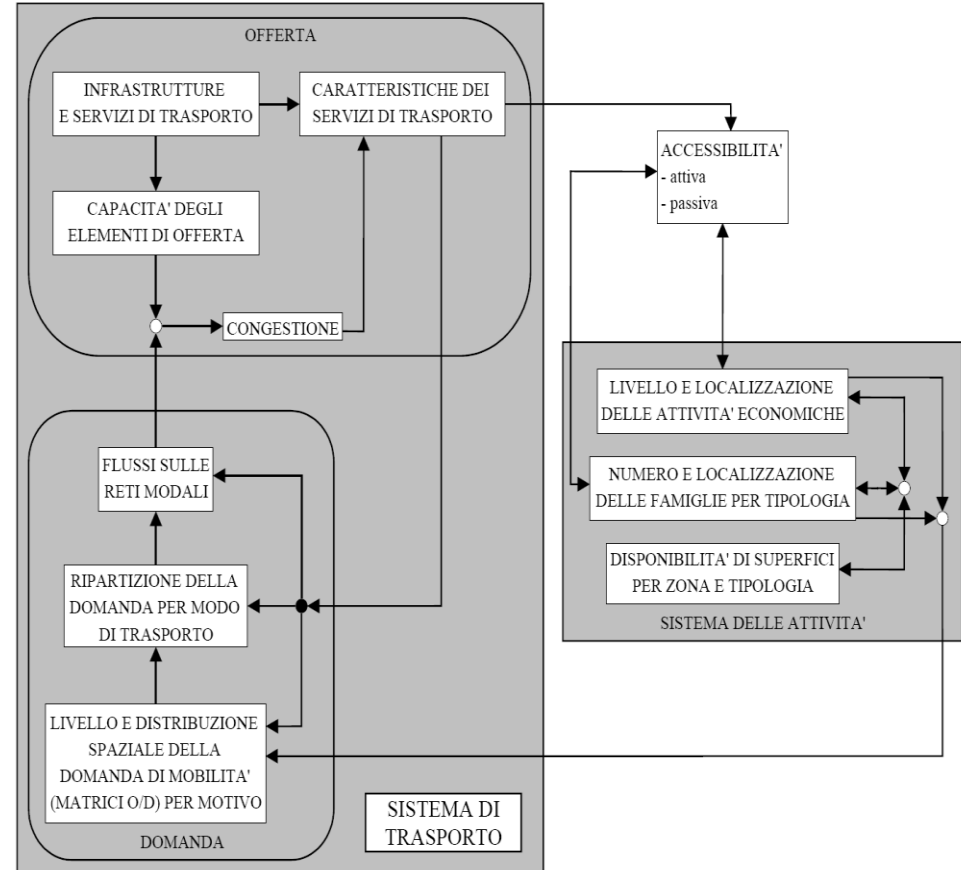
Sistema delle attività

- Attività economiche
- Residenti

Sistema di Trasporto

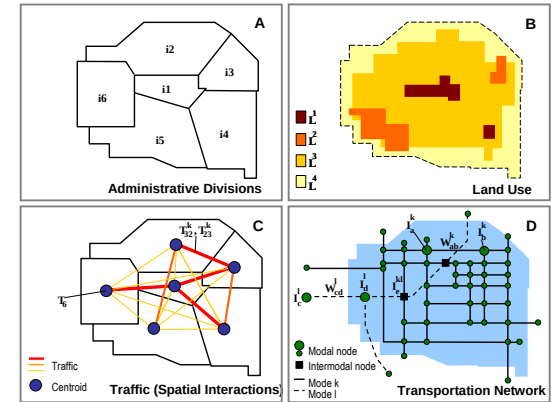
- Offerta
- Domanda

Accessibilità



ANALISI DELLA MOBILITÀ DI UN'AREA DI STUDIO

- Uno studio sulla mobilità si compone di **5 fasi**:
 - Individuazione dell' **area di studio**
 - Suddivisione in zone dell'area di studio (**zonizzazione**)
 - Definizione del modello di **offerta** del sistema di trasporto
 - Stima (tramite indagini o modelli) della **domanda** di trasporto che interessa l'area di studio (matrici OD)
 - Simulazione dell' **interazione domanda/offerta** (calcolo dei flussi di traffico sulle diverse componenti del sistema)

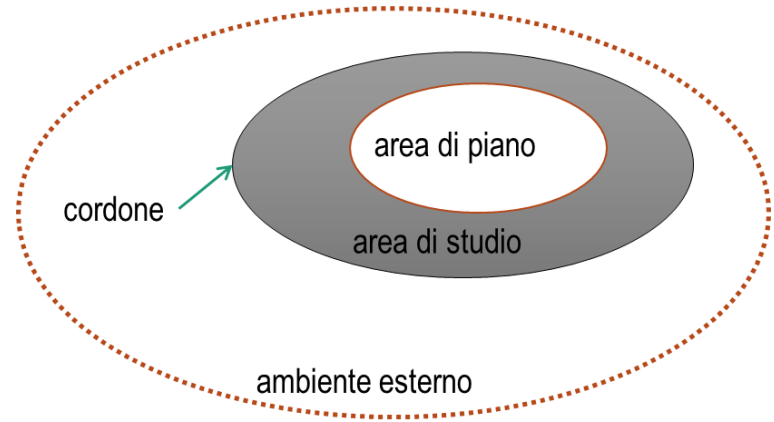


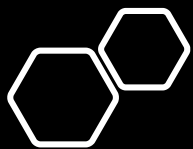
<https://transportgeography.org/>



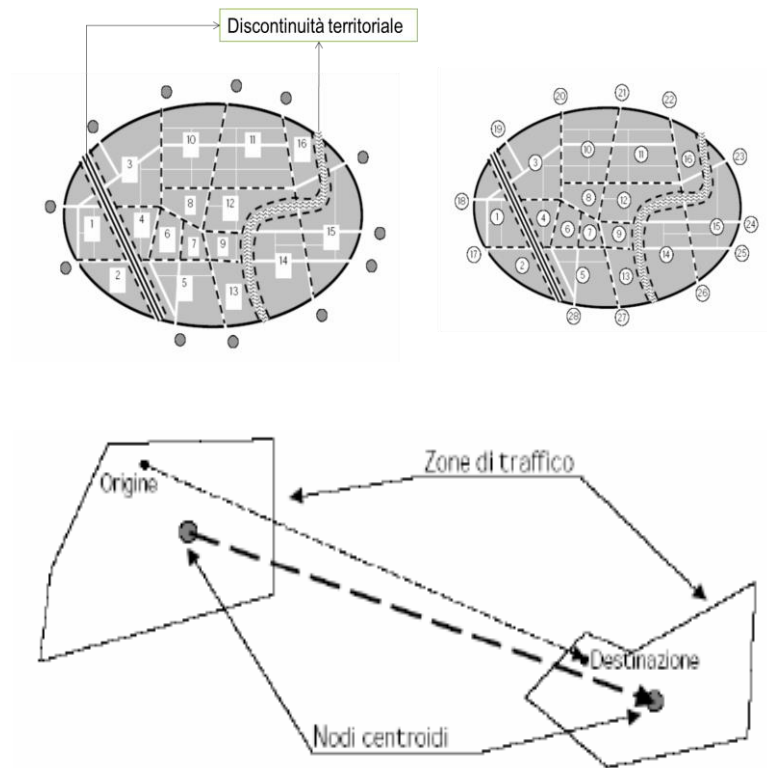
AREA DI STUDIO

- **l'area di piano** è quella sulla quale si prevede di intervenire con modifiche e proposte di riassetto del sistema di trasporto (comune, provincia, regione, azienda di trasporto)
- **l'area di studio** è quella nella quale si esauriscono gli effetti prodotti sulla mobilità da tali modifiche.
- Il confine dell'area di studio si chiama **cordone**; al di fuori del cordone vi è l'ambiente esterno, del quale interessano solo le interconnessioni con l'area di studio;





ZONIZZAZIONE



Es. Zonizzazione di Torino



CITTÀ DI TORINO

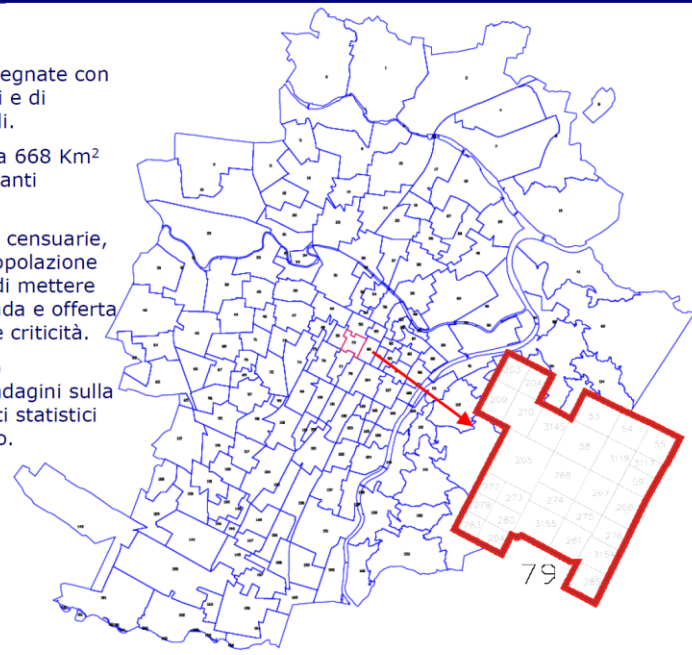
la BANCA DATI: le zone ISTMO

Le 166 Zone sono state disegnate con riferimento alle reti stradali e di trasporto pubblico principali.

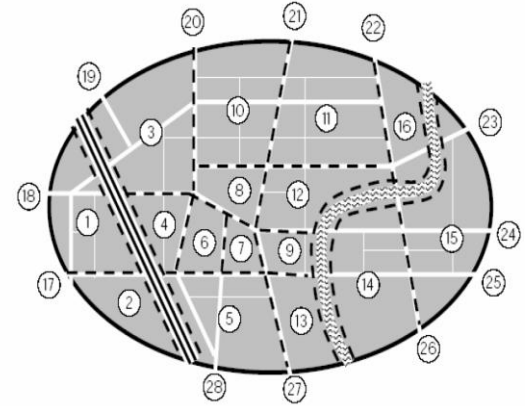
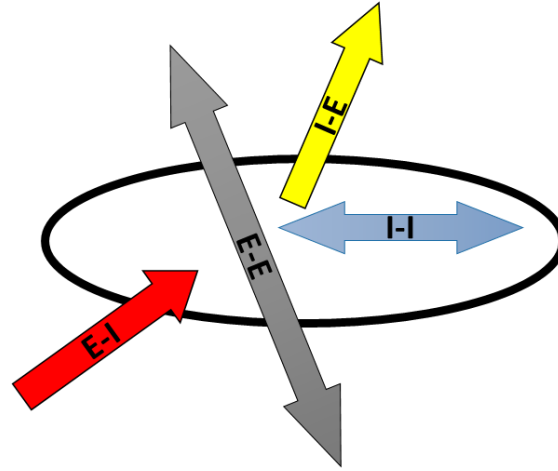
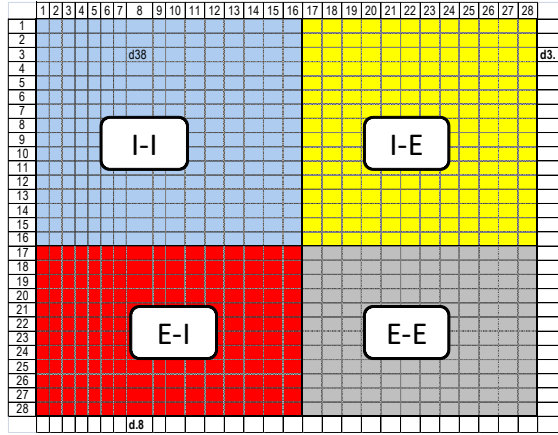
L'area di riferimento misura 668 Km² con circa 1.5 milioni di abitanti (Torino + 25 Comuni)

Sono aggregazione di zone censuarie, con superfici diverse ma popolazione equivalente e consentono di mettere in relazione i dati di domanda e offerta di mobilità, evidenziando le criticità.

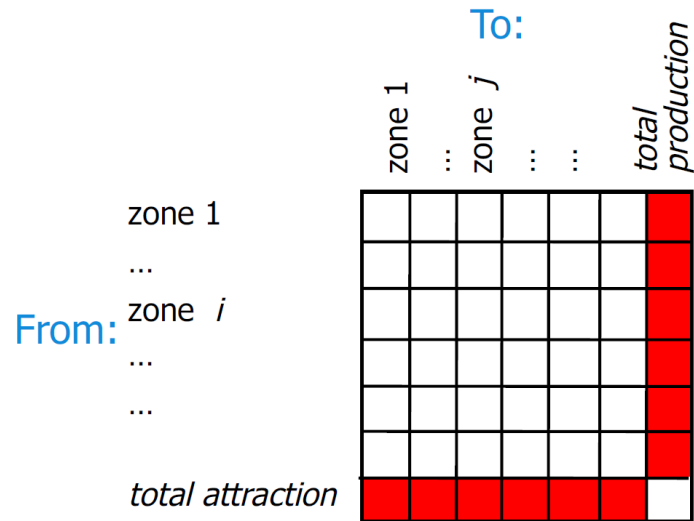
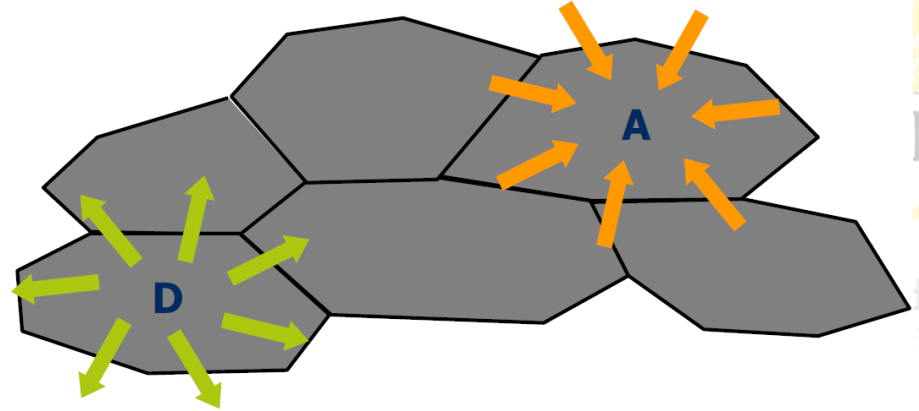
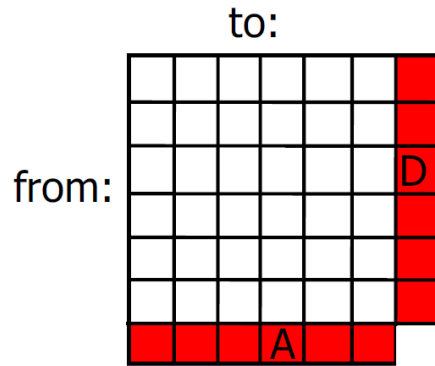
Su questa struttura si sono rappresentati i dati delle Indagini sulla mobilità e raggruppati i dati statistici presenti sulle aste del grafo.

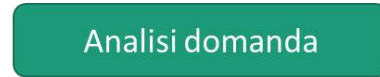
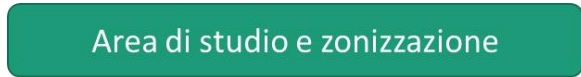


Divisione Infrastrutture e Mobilità



RAPPRESENTAZIONE DELLA DOMANDA DI TRASPORTO MATRICE ORIGINE/DESTINAZIONE



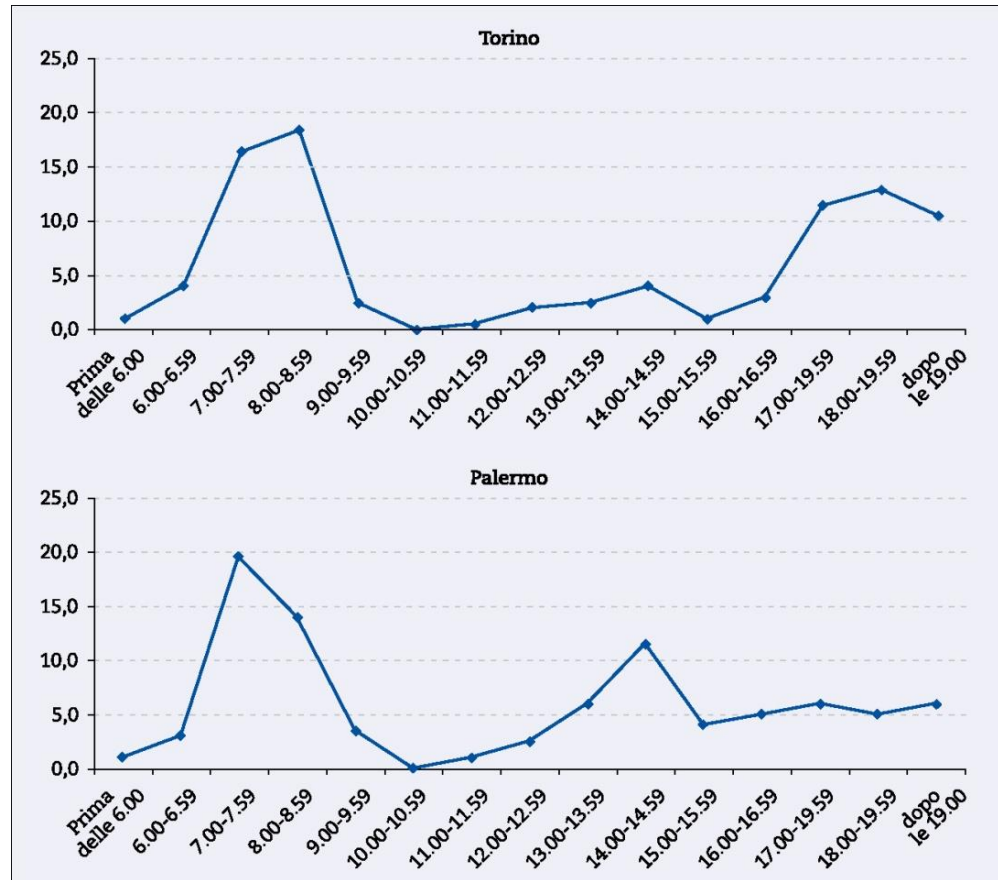


Le diverse Matrici O/D

- Le matrici OD si distinguono per
 - **Unità temporale** di riferimento (ora, fascia oraria, giorno, anno)
 - **Periodo di tempo** di riferimento (ora di punta, giorno della sett.)
 - **Modo** dello spostamento (piedi, auto, autobus, ecc.)
 - **Motivo** dello spostamento (casa-lavoro, casa-acquisiti, ecc.)
- Si possono avere tutte le possibili combinazioni
- Es: matrice dell'ora di punta per gli spostamenti orari casa-lavoro su automobile

DINAMICA DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

Variazioni **intra-periodali**,
es. domanda oraria nel
corso della giornata



DINAMICA DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

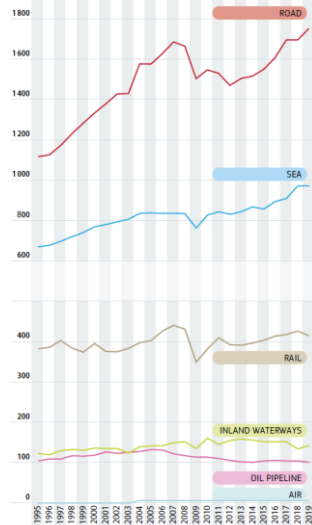


6/10/19

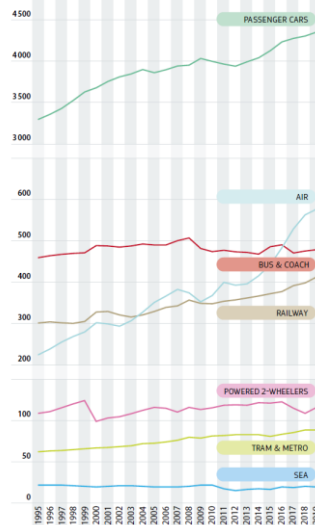
10/10/21

Variazioni **inter-periodali**,
es. variazione della
domanda dell'ora di punta
della mattina nei giorni
feriali con caratteristiche
simili

billion tonne-kilometres (tkm)

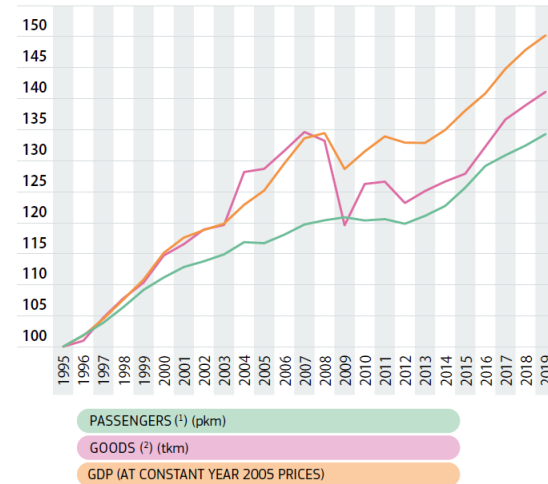


billion passenger-kilometres (pkm)



PASSENGERS, GOODS, GDP 1995–2019

YEAR 1995 = 100



DINAMICA DELLA DOMANDA DI TRASPORTO – TREND DI LUNGO PERIODO

Dipende da variabili macro di tipo demografico, economico e sociale

METODI DI STIMA DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

STIMA DIRETTA
MEDIANTE INDAGINI

STIMA INDIRETTA
MEDIANTE MODELLI
MATEMATICI

METODI DI STIMA DIRETTA DELLA DOMANDA DI TRASPORTO



STIMA DIRETTA MEDIANTE INDAGINI

- Le principali tecniche di indagine sono:
 - Indagini su aree vaste (Indagini O/D Origine/Destinazione)
 - Indagini sui flussi di traffico
- Tutte le indagini sono in genere di tipo campionario, cioè eseguite su un sottoinsieme (campione) del totale degli utenti coinvolti nello studio (universo). Il campione deve essere estratto in modo rigorosamente casuale.
- Possono riguardare la domanda di trasporto complessiva in una determinata area o quella che utilizza una particolare modalità di trasporto

STIMA DIRETTA MEDIANTE INDAGINI O/D

- Servono per conoscere la **mobilità di un territorio esteso** (comune, area metropolitana, ecc.) e consentono di costruire la matrice OD degli spostamenti interni. Di solito si accoppia un'indagine al cordone per stimare gli spostamenti di scambio.
- Si eseguono mediante **interviste dirette** (a domicilio, telefoniche, con invio postale di un questionario) che rilevano le caratteristiche della mobilità dei componenti di un campione di famiglie di residenti, quindi si deducono le caratteristiche per l'intero universo.

STIMA
DIRETTA
MEDIANTE
INDAGINI O/D

- di una
se
, ecc.)

STIMA DIRETTA MEDIANTE INDAGINI

INDAGINI OD

Informazioni per tutti gli spostamenti compiuti nel giorno precedente a quello dell'intervista, sono:

- Zona di Origine e di Destinazione
- Ora di inizio e fine
- Modo
- Motivo

Variabili trasportistiche

Ulteriori informazioni utili soprattutto per la stima dell'evoluzione futura della domanda sono:

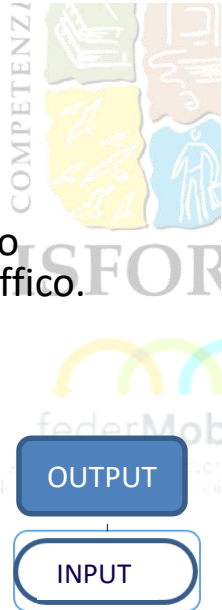
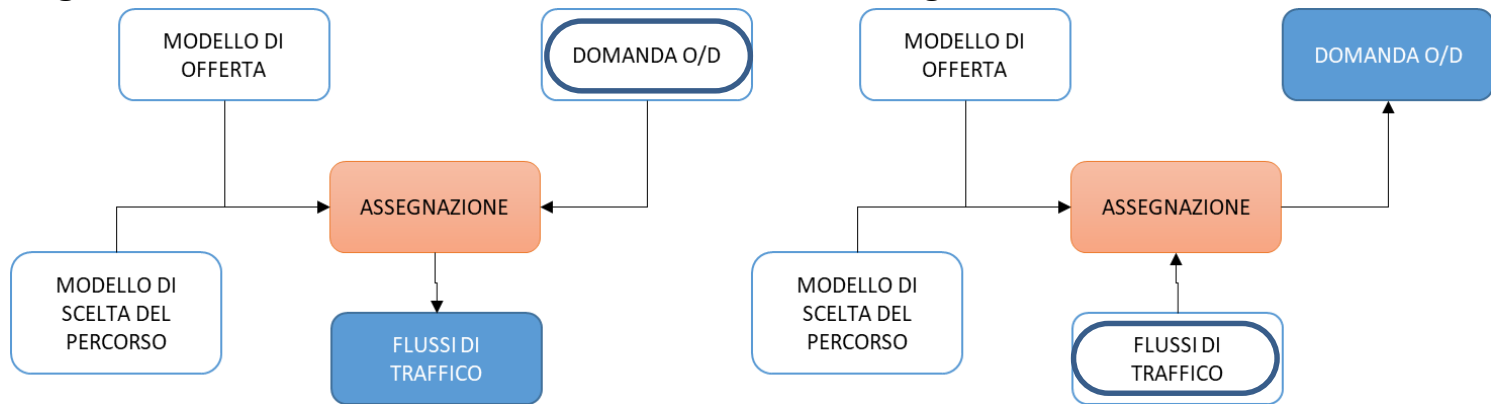
- Costo degli spostamenti
- Attività lavorativa
- Reddito
- Autovetture possedute
- Ecc.

Variabili socio-economiche

STIMA DIRETTA MEDIANTE INDAGINI

INDAGINI SUI FLUSSI DI TRAFFICO

- Servono a rilevare entità e composizione del traffico che in un determinato periodo di tempo attraversa una prefissata sezione del sistema di trasporto. Si chiamano anche conteggi di traffico.
- Si possono fare su:
 - Sistema di **Trasporto privato**: numero e tipi di veicoli
 - Sistema di **Trasporto collettivo**: numero passeggeri a bordo per linea e/o corsa.
- Servono per
 - Verificare il funzionamento attuale del Sistema di Trasporto
 - Tarare i modelli matematici di stima della domanda
 - **Migliorare le matrici OD** ottenute con modelli o indagini



STIMA DIRETTA MEDIANTE INDAGINI

FLUSSI DI TRAFFICO PRIVATO

Oggetto dei conteggi

- **Composizione** del flusso (motoveicoli, autoveicoli, mezzi pesanti, autobus, ecc.)
- **Entità** del flusso (di solito si stimano i flussi orari rilevando il volume di traffico in 15 minuti)
- **Velocità** del flusso (istantanea, media, commerciale, massima possibile)

Metodi di conteggio

- Conteggi manuali (con modulo cartaceo, con contraccolpi)
- Conteggi automatici (con tubi di gomma, con spire metalliche, con telecamere)

INDAGINI SUGLI UTENTI DEL TPL

METODI STATISTICI

Possono essere realizzate

- A bordo
- In prossimità delle stazioni/fermate
- A domicilio
- Telefoniche
- Telematiche



INDAGINI SUGLI UTENTI DEL TPL

STIMA DIRETTA DEL FLUSSO DI PASSEGGERI MEDIANTE BIGLIETTAZIONE E CONTEGGI

CONTEGGIO	METODO DIPENDENTE DAI TITOLI DI VIAGGIO	METODI NON DIPENDENTI DAI TITOLI DI VIAGGIO
Manuale	Analisi del venduto (biglietti e abbonamenti)	Rilevatori (in stazione, a bordo)
Automatico	Conteggio automatico obliterazioni	Conteggio automatico passeggeri

MODULI PER RACCOLTA DATI E ANALISI DOMANDA DAL VENDUTO

SERVIZI EXTRAURBANI

Per abbonamenti mensili

$$Pass = n \cdot g \cdot v \cdot c_u$$

n abbonamenti emessi

g giorni di validità

v viaggi giornalieri (2 per titolo di viaggio)

c_u coefficiente utilizzazione abbonamento (di solito 0.85)

$$Pass - km = \sum_i Pass_i \cdot CP_i$$

COMPETENZE
ISEFOR
MOD. D 07

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Dipartimento per il coordinamento dello Sviluppo del Territorio, per il Personale ed i Servizi Generali
Direzione Generale per i Sistemi Informativi e Statistica
Ufficio di Statistica - Div 5

Sistema Informativo Statistico Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti
Programmi Statistici Nazionali 2004 - 2006 e 2005 - 2007 (ITR 00005)

DATI RELATIVI ALLA DOMANDA SODDISFATTA IN SERVIZIO EXTRAURBANO - ANNO 2007

AZIENDA 0 MODALITÀ DI SERVIZIO (a) Autolinee Extraurbane

NON MODIFICARE I NOMI DELLE TIPOLOGIE DI VEICOLI			DARE UN NOME DIVERSO A CIASCUNA CLASSE DI PERCORRENZA								TOTALE
			Classi di percorrenza relative alle tariffe 2007 (b)								
Biglietti (c)	Ordinari	N°									0
		Importo									0,00
	Andata e ritorno	N°									0
		Importo									0,00
Abbonamenti (d)	Settimanali	N°									0
		Importo									0,00
	Mensili	Viaggi - giorno attribuiti									#DIV/0!
		N°									0
		Importo									0,00
		Viaggi - giorno attribuiti									#DIV/0!
	Annuali	N°									0
		Importo									0,00
		Viaggi - giorno attribuiti									#DIV/0!
		N°									0
Altre tipologie di titoli (d)	Importo									0,00	
	Viaggi giorno attribuiti									#DIV/0!	

MODULI PER RACCOLTA DATI E ANALISI DOMANDA DAL VENDUTO

SERVIZI URBANI

In questo caso il calcolo dei viaggiatori-Km non è diretto e dunque vengono utilizzati i valori più significativi rilevati e comunicati dalle Aziende del settore.

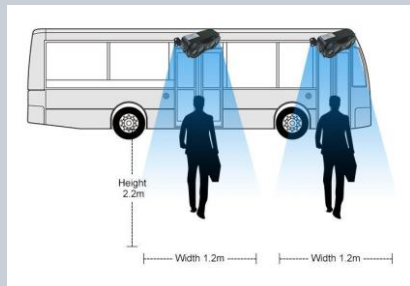
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Dipartimento per il coordinamento dello Sviluppo del Territorio, per il Personale ed i Servizi Generali
Direzione Generale per i Sistemi Informativi e Statistica
Ufficio di Statistica - Div 5

Sistema Informativo Statistico Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti
Programmi Statistici Nazionali 2004 - 2006 e 2005 - 2007 (ITR 00005)

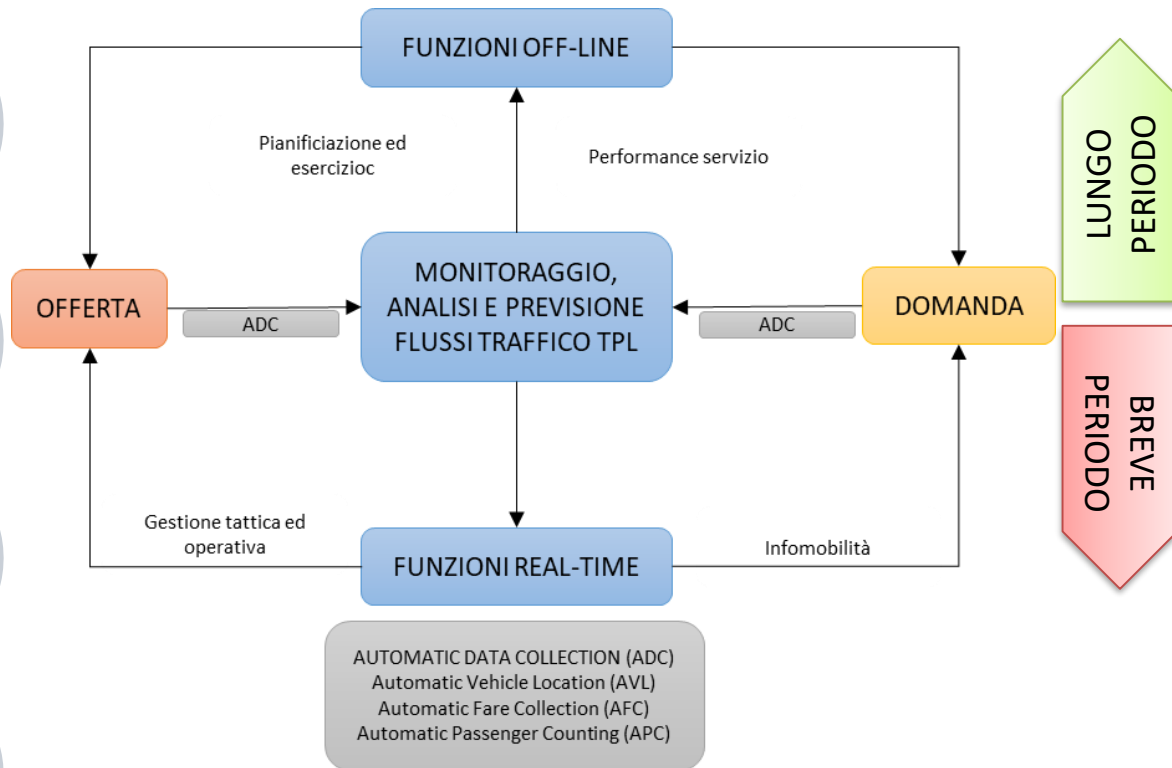
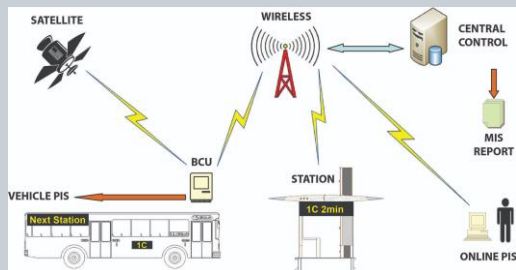
DATI RELATIVI ALLA DOMANDA SODDISFATTA IN SERVIZIO URBANO - ANNO 2007

AZIENDA: 0 MODALITÀ DI SERVIZIO (a): Autolinee Urbane

TIPO DEI TITOLI DI VIAGGIO	N° titoli venduti	Prezzo unitario	Introiti (in Euro)	N° viaggi - giorno attribuiti a ciascuna tipologia	N° di viaggiatori trasportati nell'anno	
A TARIFFA ORDINARIA						
Corsa semplice			0,00			
Biglietto ord. a tempo (60')			0,00			
Biglietto ord. a tempo (61' - 120')			0,00			
Biglietto ord. Giornaliero			0,00			
Multicorse			0,00			
Altro			0,00			
ABBONAMENTI						
Settimanali			0,00			
Mensili			0,00			
Annuali			0,00			
ABBONAMENTI PREFERENZIALI						
Scolastici			0,00			
Lavoratori			0,00			
Anziani			0,00			
Altro (specificare)						
Altri abbonamenti			0,00			
Totale introiti			0,00	Totale viaggiatori		0,00

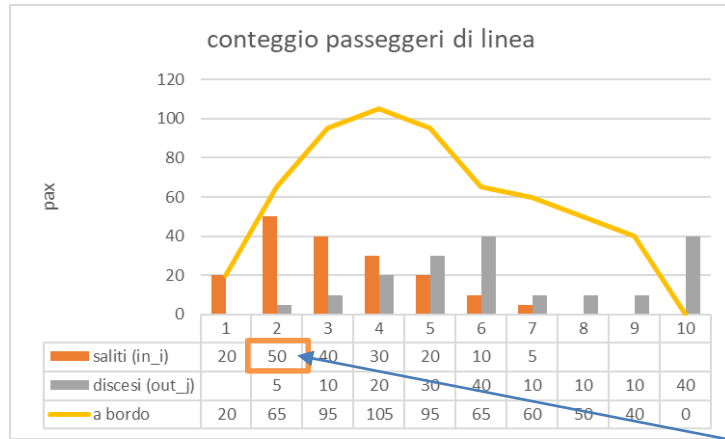
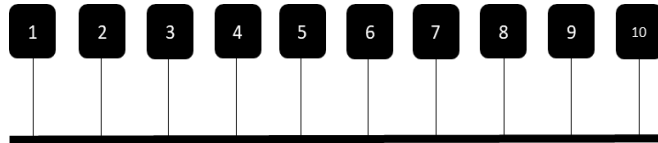


SISTEMI DI RACCOLTA AUTOMATICI DEI DATI



STIMA MATRICE O-D DI LINEA DA CONTEGGIO PASSEGGERI

Calcolo di una matrice OD di TPL per singola linea



out_j		5	10	20	30	40	10	10	10	40
somma(out_j)		175	170	160	140	110	70	60	50	40
stop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.57	1.14	2.29	3.43	4.57	1.14	1.14	1.14	4.57
2			2.94	5.88	8.82	11.76	2.94	2.94	2.94	11.76
3				5.00	7.50	10.00	2.50	2.50	2.50	10.00
4					6.43	8.57	2.14	2.14	2.14	8.57
5						7.27	1.82	1.82	1.82	7.27
6							1.43	1.43	1.43	5.71
7								0.83	0.83	3.33
8									0.00	0.00
9										0.00
10										

Passeggeri a bordo tra le fermate

$$b_i = b_{i-1} + in_i - out_i$$

$$P_{i,j} = \frac{out_j}{\sum_{k=i+1 \rightarrow n} out_k}$$

$$f_{i,j} = in_i \cdot P_{i,j}$$

$$f_{2,4} = 50 \frac{20}{170} = 5.88$$

Ottimizzazione frequenza (Facile da ottenere con APC)

$P_{max}L$ è il **lavoro di trasporto offerto**

L'area A , sottesa dal diagramma di carico è il **lavoro di trasporto utilizzato** (carico della linea).

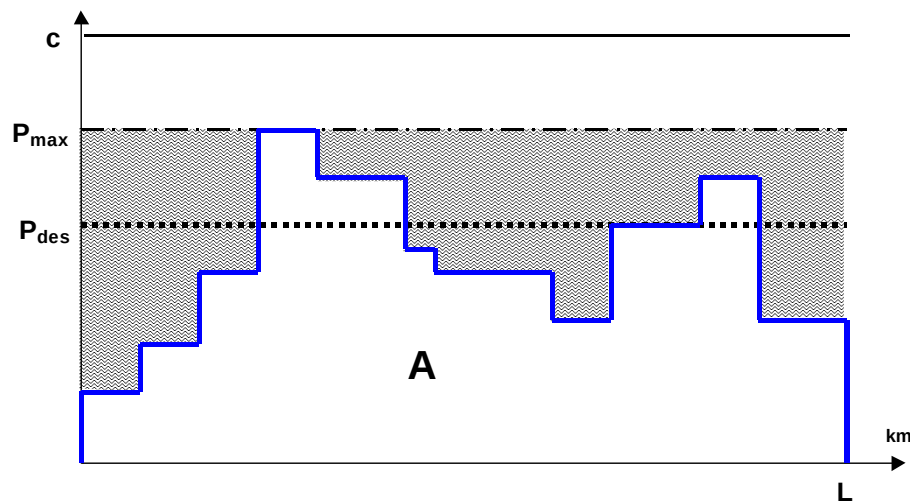
L'area $P_{des}L$ rappresenta il valore di carico di trasporto che si desidera che non sia superato.

I valori posti alla base del calcolo sono quelli medi sia rispetto alle corse monitorate in una data fascia oraria, sia rispetto ai giorni oggetto del monitoraggio

F_p è il fattore moltiplicativo della frequenza attuale per ottenere o l'uguaglianza tra carico desiderato e carico effettivo o per non superare la capacità del bus

$$F_p = \max \left[\frac{A}{P_{des}L}, \frac{P_{max}}{c} \right]$$

Var	descrizione
c	la capacità del bus in numero di posti (seduti+in piedi)
P_{max}	il valore massimo di passeggeri registrato a bordo in una certa fascia oraria
P_{des}	il livello desiderato di numero di passeggeri a bordo in una certa fascia oraria (che ovviamente rappresenta una frazione della capacità del veicolo)
A	il valore in passeggeri-km dell'area sottesa dal diagramma di carico (lavoro di trasporto utilizzato o momento di traffico, w_p nelle slide precedenti)
l_i	la generica distanza in km tra due fermate successive
	la lunghezza totale della linea



BIG DATA E TRASPORTI



Transazioni
commerciali



Social
network



Dati real-time dei sensori (Internet Of Things,
IoT)



UTENTI SMARTPHONE (es. TERALYTICS)

UTENTI GPS (es. TOMTOM)

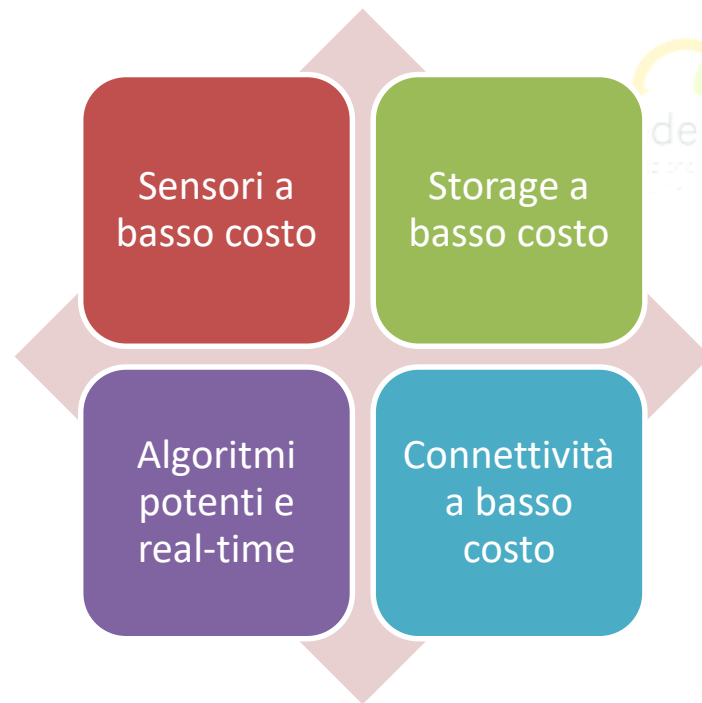
BIG DATA E TRASPORTI

«Big Data è quello che è successo quando il costo della memorizzazione delle informazioni è diventato inferiore al costo di prendere la decisione di buttarle via.»

George Dyson

«Big Data è tutto ciò che non può essere contenuto in un foglio elettronico.»

Michael Batty



Mobile Devices + Twitter Use

More than 280 million Tweets posted from mobile phones reveal geographic usage patterns in unprecedented detail.



Android

iPhone

Blackberry

Other

<https://labs.mapbox.com/labs/twitter-gnip/brands/#12/37.4606/15.0314>

Geo-tagged tweets ricostruiscono la mappa di Londra

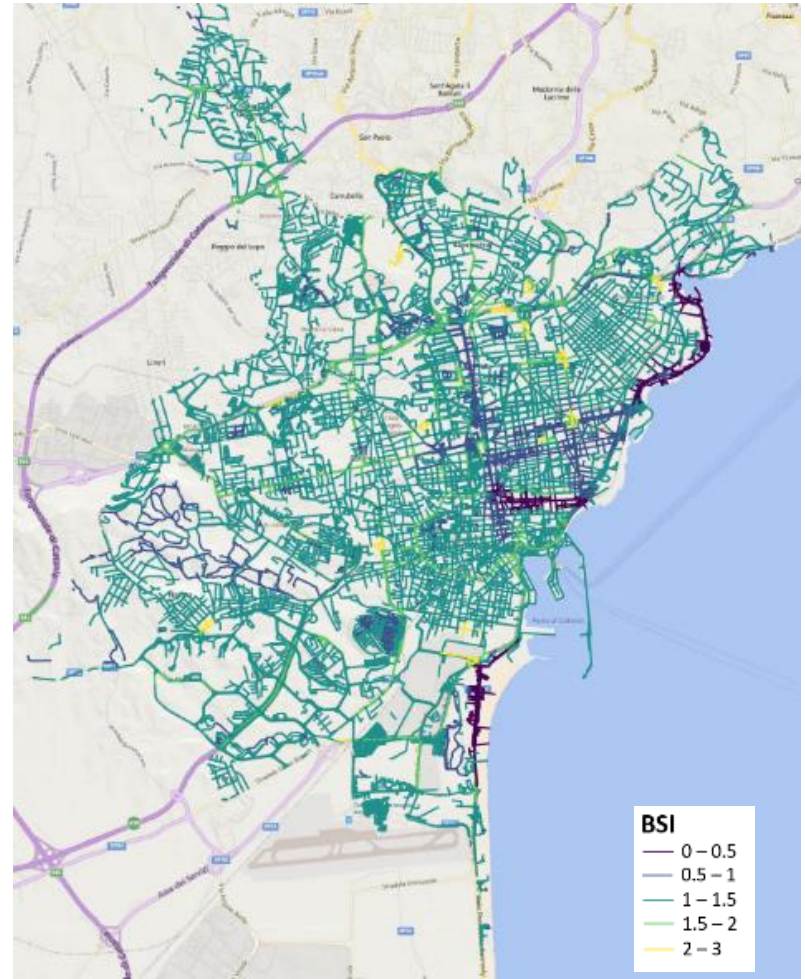
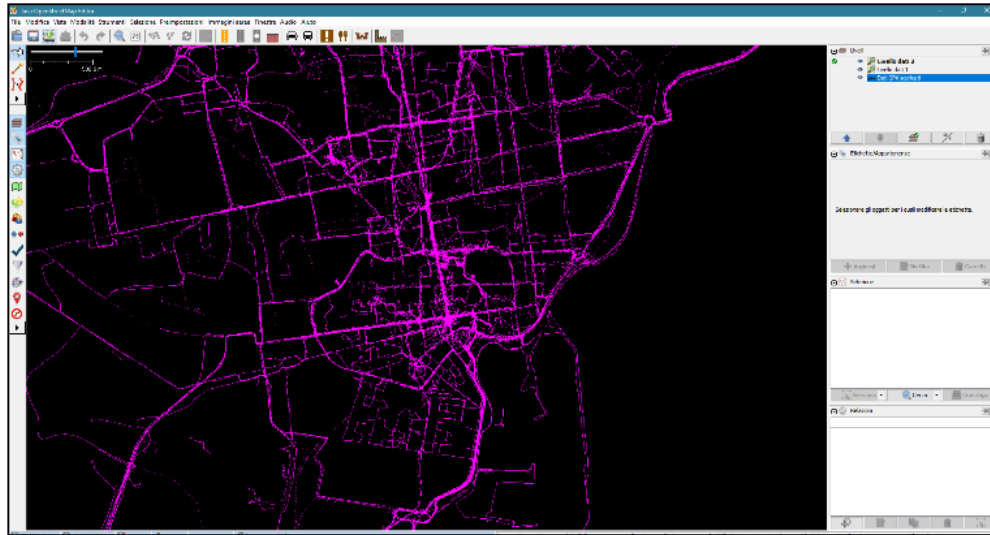
2020-24-0020 Published 27 Sep 2020



Combining GPS-Tracks and Accident Data to Improve Safety of Cycling Paths

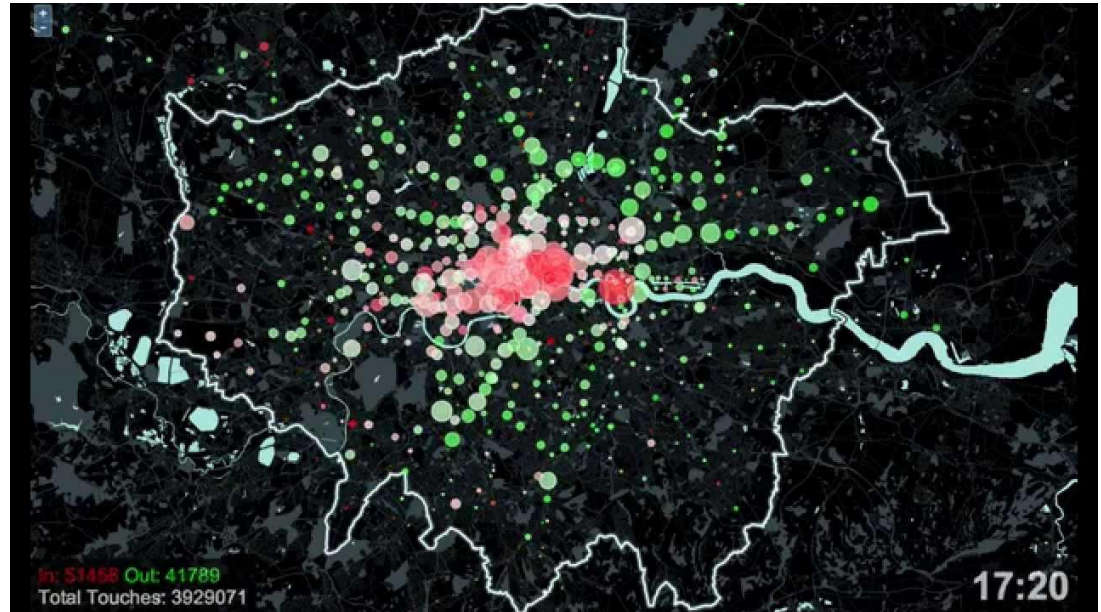
Martina Fazio, Nadia Giuffrida, Giuseppe Inturri, and Matteo Ignaccolo University of Catania

Citation: Fazio, M., Giuffrida, N., Inturri, G., and Ignaccolo, M., "Combining GPS-Tracks and Accident Data to Improve Safety of Cycling Paths," SAE Technical Paper 2020-24-0020, 2020, doi:10.4271/2020-24-0020.



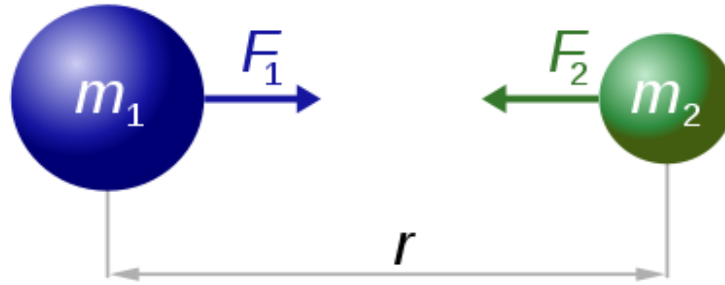
London map oyster card

- https://www.youtube.com/watch?v=QQV3UHSZ_u4
- <https://www.youtube.com/watch?v=4FrnF2HlBGg>



pausa

METODI DI STIMA INDIRETTA MEDIANTE MODELLI MATEMATICI



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

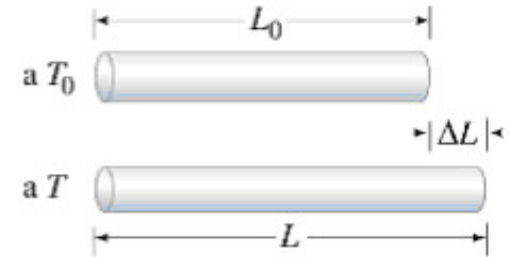
STIMA INDIRETTA MEDIANTE MODELLI MATEMATICI

- Un **modello** è essenzialmente una “rappresentazione della realtà” ottenuta attraverso una formulazione semplificata e generalizzata delle caratteristiche principali di una situazione reale; si tratta di un’astrazione della realtà usata per comprendere il comportamento di un sistema in circostanze in cui, per motivi tecnici, economici, politici o morali, non è possibile la sperimentazione “in vivo”.
- I **modelli matematici** tentano di replicare il sistema di interesse e il suo comportamento per mezzo di equazioni matematiche basate su certe ipotesi teoriche.
- L’approccio modellistico nella pianificazione dei trasporti è giustificato da tre ordini di ragioni prevalenti:
 - la difficoltà di prevedere gli impatti conseguenti alla realizzazione di interventi sulle componenti del sistema dei trasporti (paradossi nei trasporti);
 - la difficoltà di realizzare esperimenti *in situ*, per i costi ed i problemi organizzativi che essi comporterebbero;
 - la complessità dei fenomeni di mobilità.

MODELLO MATEMATICO

- Insieme di equazioni che descrivono in modo semplificato le **relazioni** ipotizzate **tra** una serie di **variabili**, allo scopo di spiegare o prevedere lo svolgimento di un fenomeno.
- L_0 lunghezza attuale (stato attuale sistema)
- L lunghezza finale (previsione stato finale)
- T_0 temperatura iniziale
- T temperatura finale
- α coefficiente dilatazione termica (parametro modello, da calibrare per ogni materiale)

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$$



MODELLO MATEMATICO DOMANDA DI TRASPORTO

- Un modello di domanda è una funzione matematica che pone in relazione
 - la distribuzione e la tipologia di **Attività** sul territorio (residenze, luoghi di lavoro, ecc.)
 - le caratteristiche **Socio-Economiche** dei residenti (reddito, numero di auto possedute, età, livello occupazionale, ecc.)
 - e le caratteristiche dell'offerta di **Trasporto** (livello di servizio, tempi di spostamenti, costi, ecc.)

$$D = f(A, SE, T)$$

modello di domanda generico

$$D_{od} = k A_o A_d / t_{od}^2$$

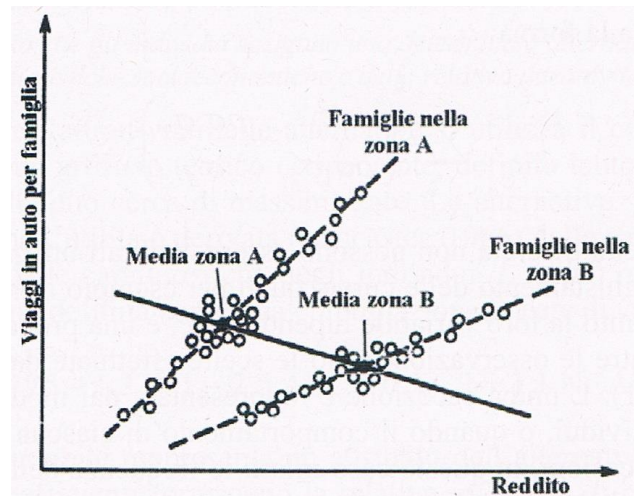
modello di domanda gravitazionale

COSTRUZIONE DI UN MODELLO DI DOMANDA

- **Specificazione**: identificare le **variabili** che rappresentano la domanda e gli attributi del sistema socioeconomico e del sistema di trasporto e la relazione funzionale fra di esse .
- **Calibrazione**: stimare i coefficienti incogniti (**parametri**) che in esso compaiono.
- **Validazione** : valutare la **capacità** del modello di riprodurre le scelte realmente effettuate dagli utenti.

TIPI DI MODELLI DI DOMANDA

STATISTICO-DESCRITTIVI: utilizzano relazioni basate su interpretazioni statistiche e matematiche di variabili aggregate osservate sperimentalmente



COMPORTAMENTALI: utilizzano ipotesi esplicite sul comportamento individuale di scelta degli utenti



ESEMPIO MODELLO DESCRITTIVO

MODELLO GRAVITAZIONALE

Legge di gravitazione
universale

Modello di domanda
gravitazionale

Campo gravitazionale

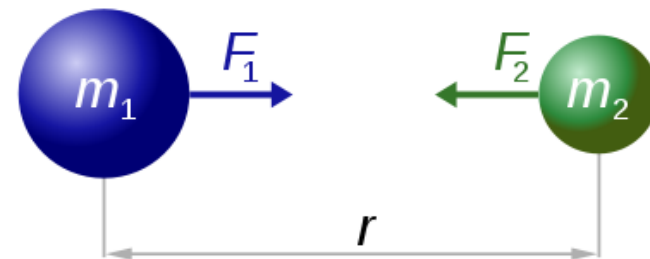
Campo socio-economico

Massa

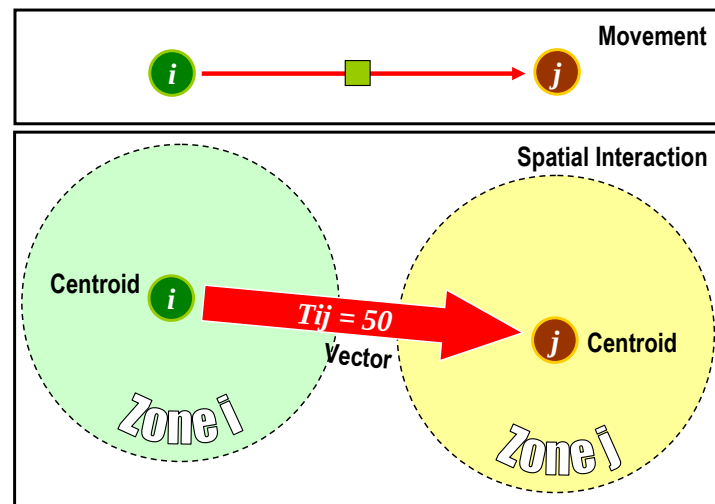
Intensità di attività
territoriale

Distanza

Impedenza, costo di
trasporto

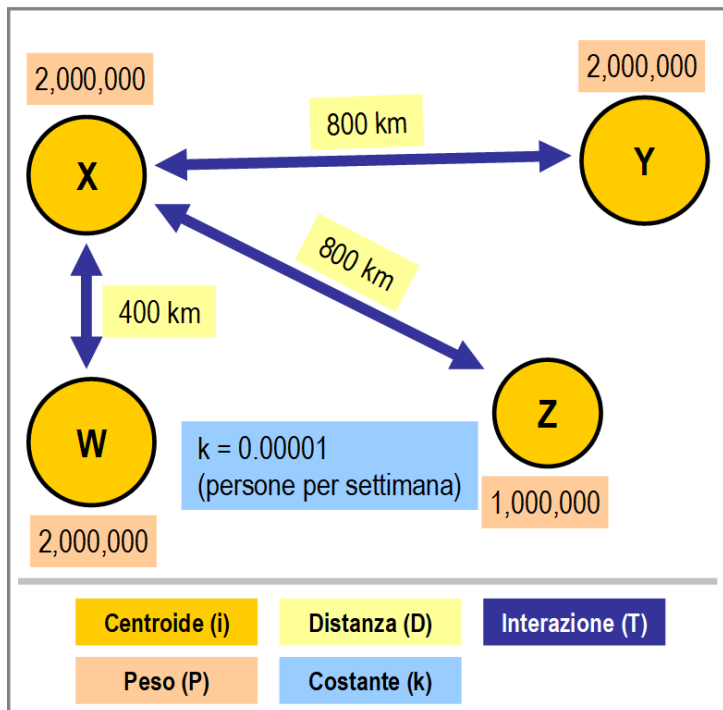


$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



MODELLO GRAVITAZIONALE

MATRICE O/D DA MODELLO GRAVITAZIONALE



Formulazione elementare

$$T_{ij} = k \frac{P_i * P_j}{D_{ij}}$$

	W	X	Y	Z	Ti
W		100,000			100,000
X	100,000		50,000	25,000	175,000
Y		50,000			50,000
Z		25,000			25,000
Tj	100,000	175,000	50,000	25,000	350,000

ESEMPIO MODELLO DESCRITTIVO

MODELLO DI EMISSIONE DEGLI SPOSTAMENTI

$$Y_i = a_1 X_1 + a_2 X_2 + b = 1.44 X_1 + 1.07 X_2 + 0.91$$

- X_1 il numero di lavoratori per famiglia
- X_2 il numero di auto per famiglia
- a_1, a_2, b i parametri del modello

Numero di spostamenti emessi per zona o per famiglia

Il risultato cambia se aggregiamo i dati per zona o per famiglia

Errori indotti dall'uso di variabili aggregate nei modelli statistici descrittivi

ESEMPIO MODELLO DESCRITTIVO

MODELLO DI REGRESSIONE BASATO SU DATI CAMPIONARI

CROSS-SECTIONAL METHOD: stesso periodo di tempo, diverse coppie OD

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{12} + \beta_3 x_{13} \\ y_2 = \beta_1 x_{21} + \beta_2 x_{22} + \beta_3 x_{23} \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \dots \dots \\ y_c = \beta_1 x_{c1} + \beta_2 x_{c2} + \beta_3 x_{c3} \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \dots \dots \\ y_T = \beta_1 x_{T1} + \beta_2 x_{T2} + \beta_3 x_{T3} \end{array} \right.$$

T *differenti coppie* O-D per cui
ipotizzo sia valido questo modello (in
un determinato intervallo temporale)

Calibrare il modello significa **date** le

$y_1, \dots, y_T$ e date le x_{c1}, x_{c2}, x_{c3}

$(\forall c=1, 2, \dots, T)$

ricavare i coefficienti

β_1, β_2 e β_3

ESEMPIO MODELLO DESCRITTIVO

MODELLO DI REGRESSIONE BASATO SU SERIE STORICHE

TIME SERIES METHOD: stessa coppia OD, diversi periodi di tempo

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{12} + \beta_3 x_{13} \\ y_2 = \beta_1 x_{21} + \beta_2 x_{22} + \beta_3 x_{23} \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \dots \dots \\ y_t = \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + \beta_3 x_{t3} \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \dots \dots \\ y_T = \beta_1 x_{T1} + \beta_2 x_{T2} + \beta_3 x_{T3} \end{array} \right.$$

Un'unica coppia O-D
considerata in T anni differenti.

Calibrare il modello significa: **date** le

$y_1, \dots, y_T$ e date le x_{t1}, x_{t2}, x_{t3}

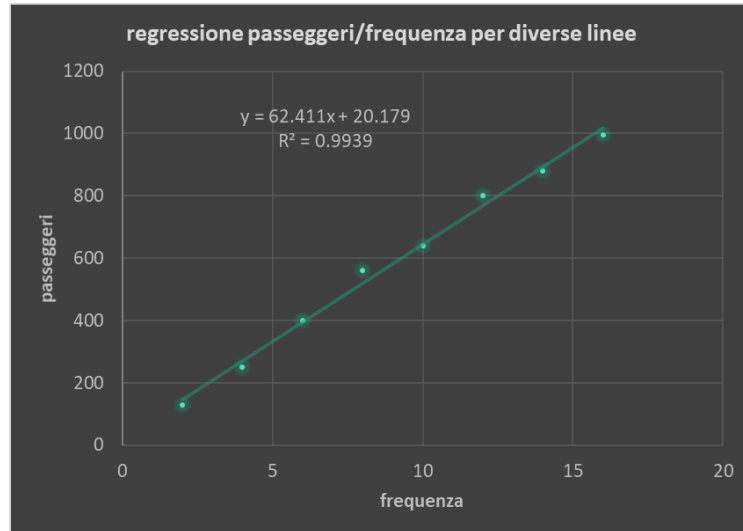
$(\forall t=1,2,\dots,T)$, **ricavare i coefficienti**

β_1, β_2 e β_3

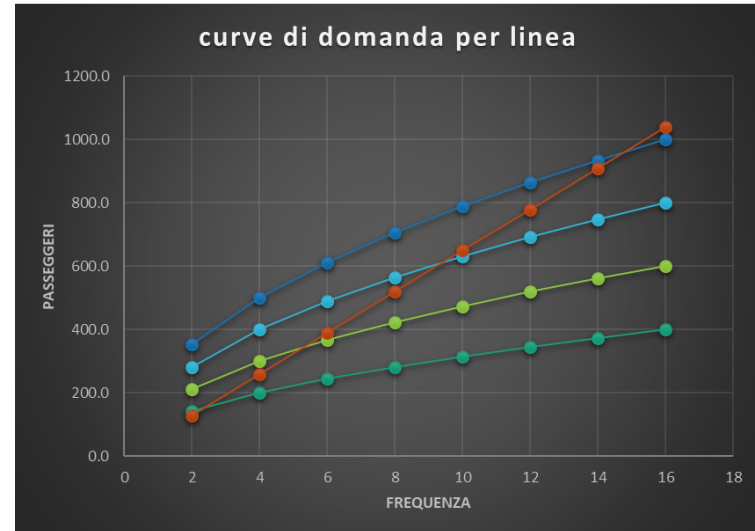
Es. METODO DELLA REGRESSIONE

Relazione tra traffico passeggeri e frequenza del servizio

Regressione per diverse linee



Curve di domanda per linea



METODI BASATI SUL CONCETTO DI ELASTICITÀ

NON STIMANO DIRETTAMENTE LA DOMANDA DI TRASPORTO, MA LA SUA VARIAZIONE PER EFFETTO DELLA VARIAZIONE DI UN FATTORE CHE LA INFLUENZA



FATTORI CHE INFLUENZANO LA DOMANDA DI TRASPORTO COLLETTIVO

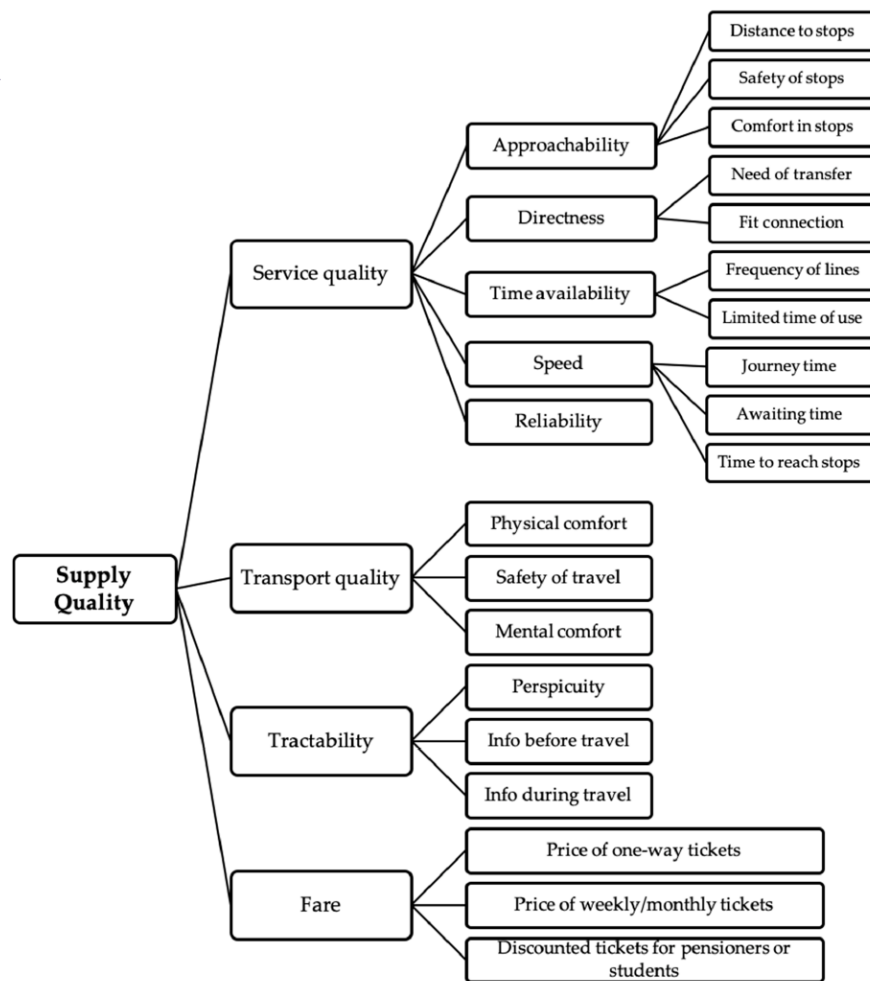
ESTERNI (costanti nel breve termine)

- Tasso motorizzazione
- Costi di esercizio trasporto privato
- Costo carburante
- Demografia
- Sistema delle attività (residenti, addetti, PIL, etc)
- ...

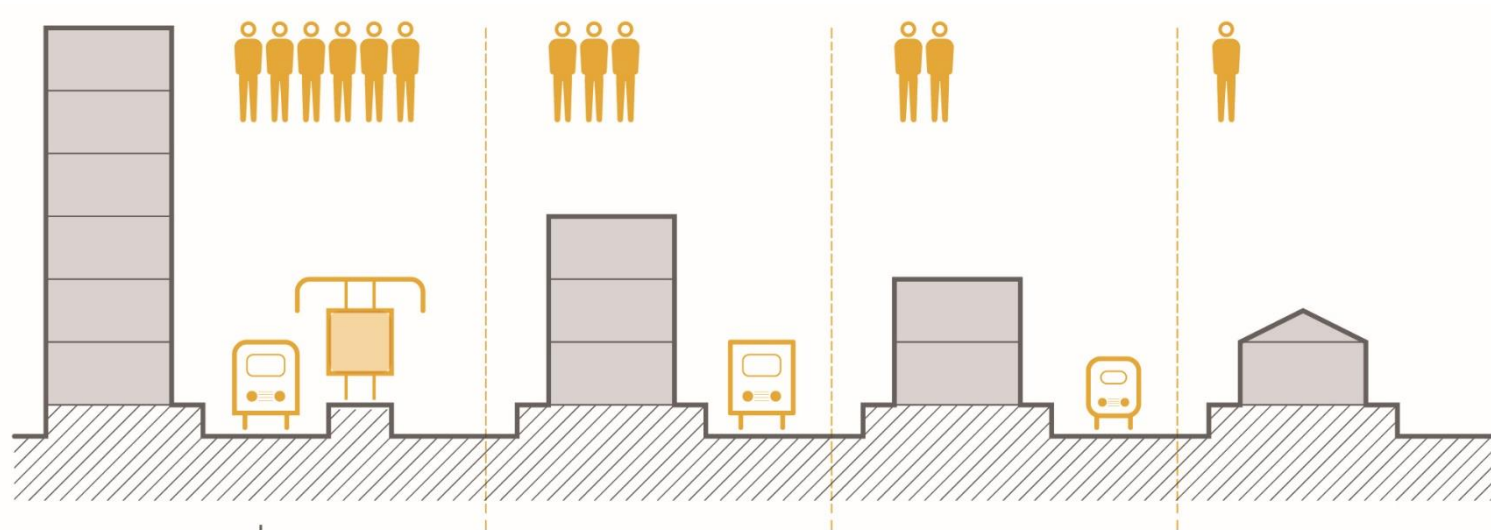
INTERNI (modificabili nel breve-medio termine)

- Tariffe
- Frequenza
- Topologia rete
- Affollamento
- Affidabilità
- ...

FATTORI CHE INFLUNZANO LA DOMANDA



INFLUENZA DEL SISTEMA TERRITORIALE SULLA DOMANDA DI TPL



Densità urbana e uso del trasporto pubblico

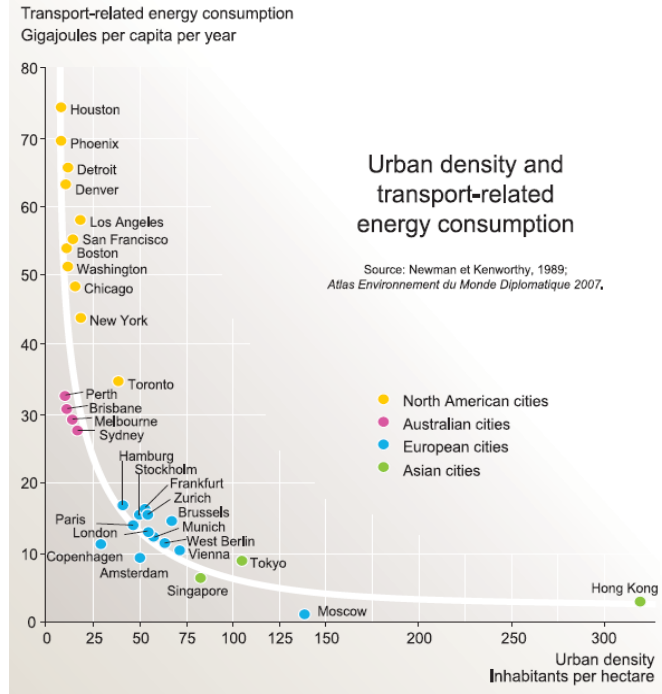


Figure 1 : The Newman and Kenworthy hyperbola: Urban density and transport-related energy consumption



Struttura urbana e gradiente densità

Relationship between spatial structure and the effectiveness of public transportation

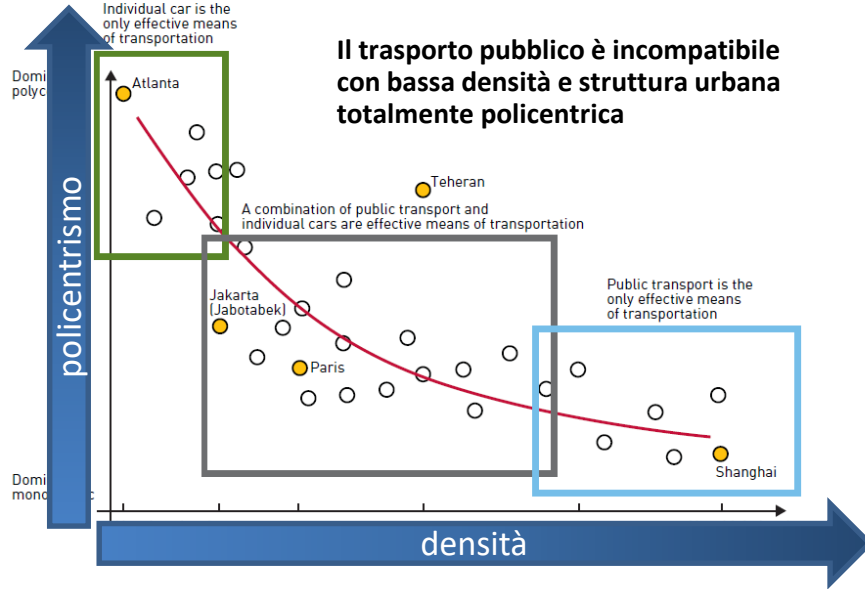
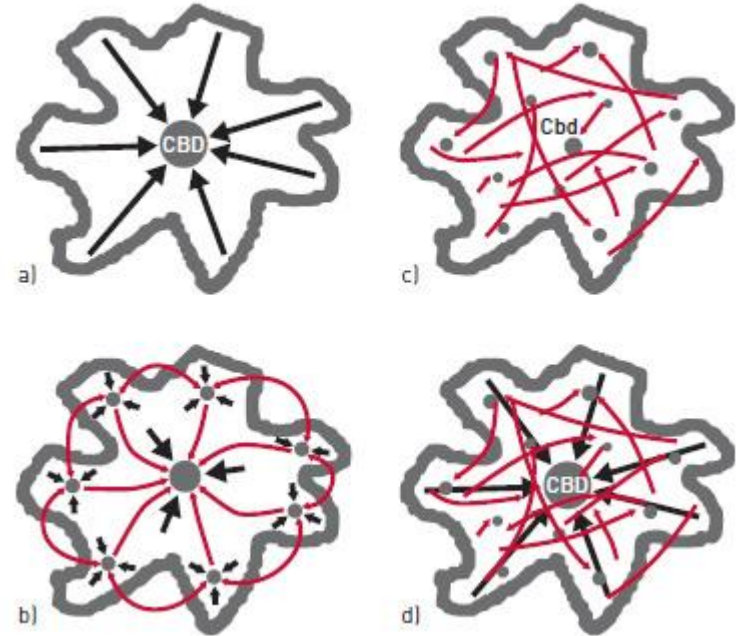


Figure 5. Relationship between Spatial Structure and the Effectiveness of Public Transport.
Source: [Bertaud and Malpezzi, 2003].

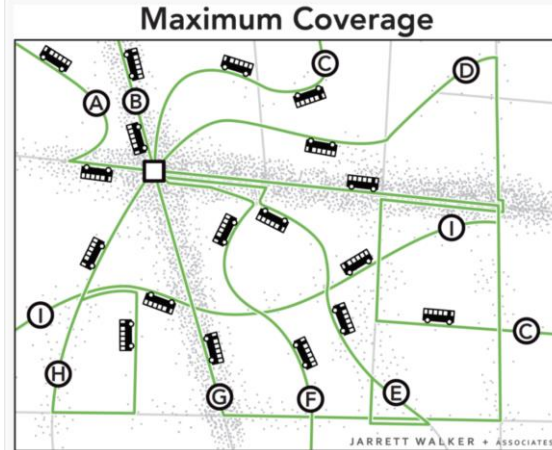


Ridership/Coverage dilemma

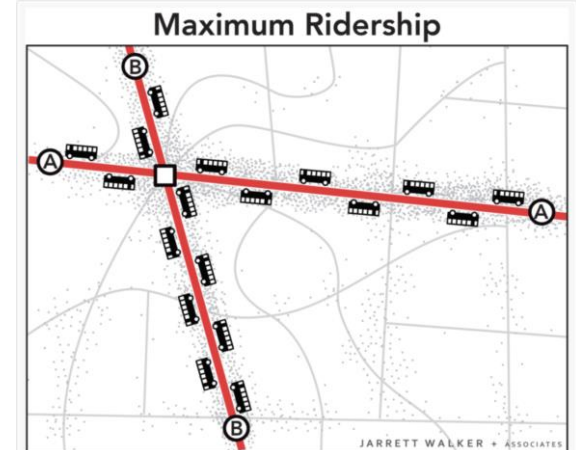
J. Walker – Human Transit – Island Press



Imagine you are the transit planner for this fictional town. The dots scattered around the map are people and jobs. The 18 buses are the resources the town has to run transit. Before you can plan transit routes you must first decide: What is the purpose of your transit system?



The 18 buses are spread around so that there is a route on every street. Everyone lives near a stop, but every route is infrequent, so waits for service are long. Only a few people can bear to wait so long, so ridership is low.



All 18 buses are focused on the busiest areas. Waits for service are short but walks to service are longer for people in less populated areas. Frequency and ridership are high, but some places have no service.

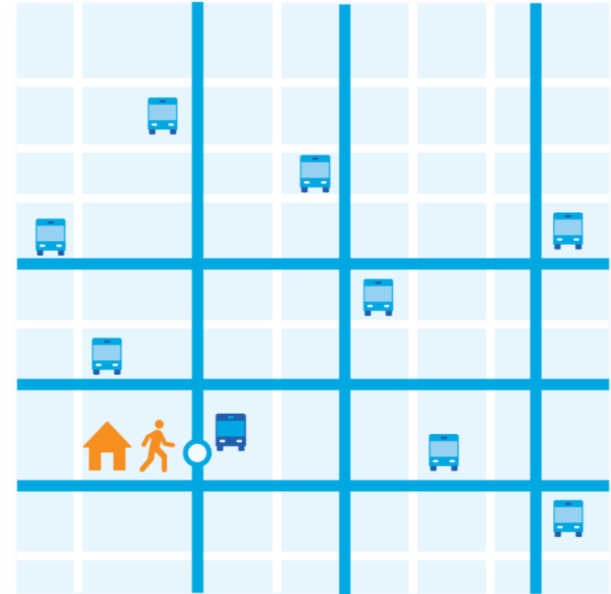
Ridership

Service is focused on high demand corridors. You may have to travel farther to a stop, but buses run more frequently.



Coverage

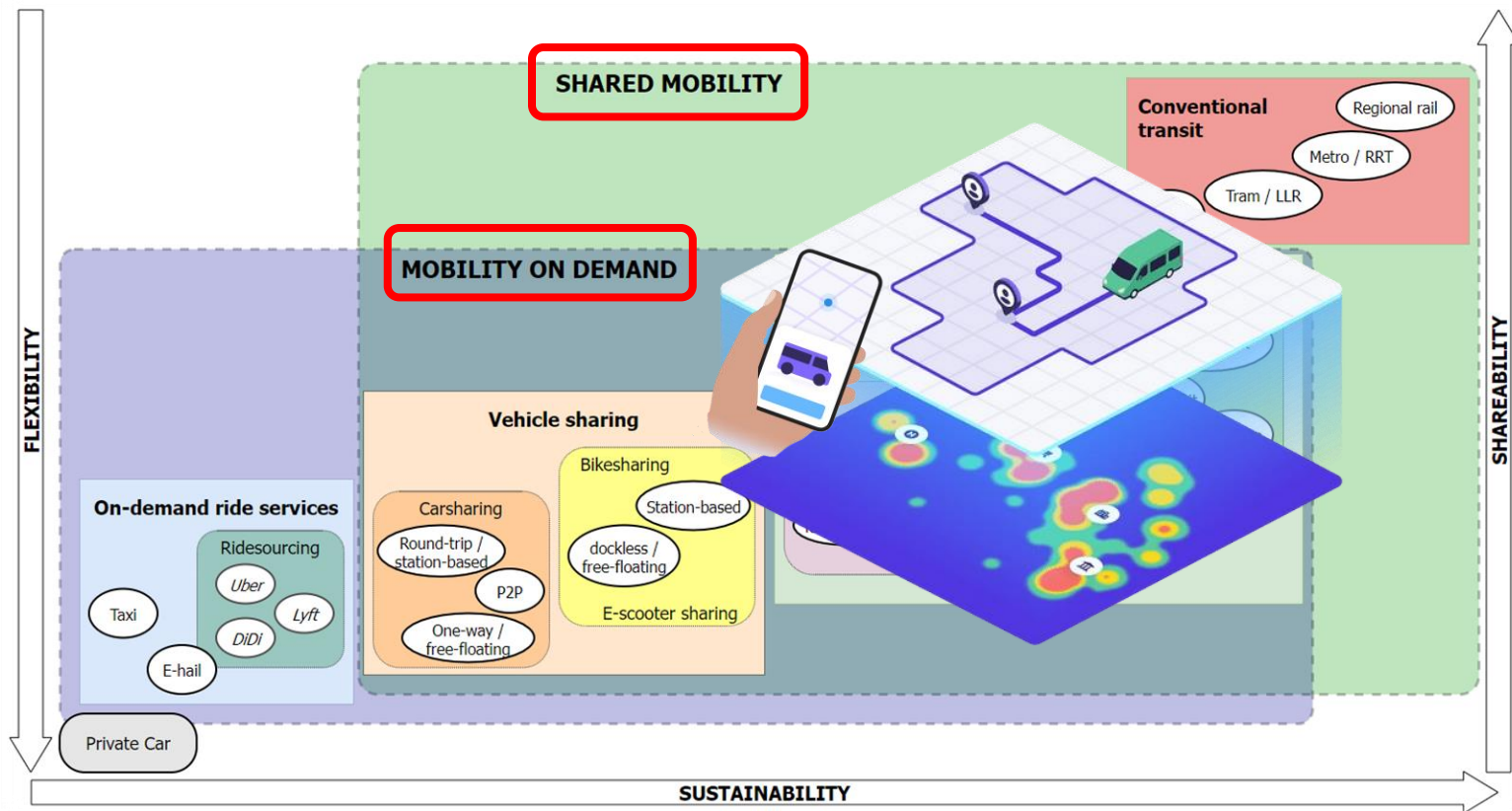
Buses run on more streets over a larger area. You may have a shorter trip to a stop, but buses run less frequently.



Trasporto
pubblico per
aree a
domanda
debole



Shared Mobility and Mobility on Demand



CONCETTO DI ELASTICITÀ

L'elasticità

Elasticità = la reattività di compratori e venditori alle variazioni delle condizioni del mercato

elasticità dell'offerta (eop) = variazione della quantità offerta al variare del prezzo del bene stesso

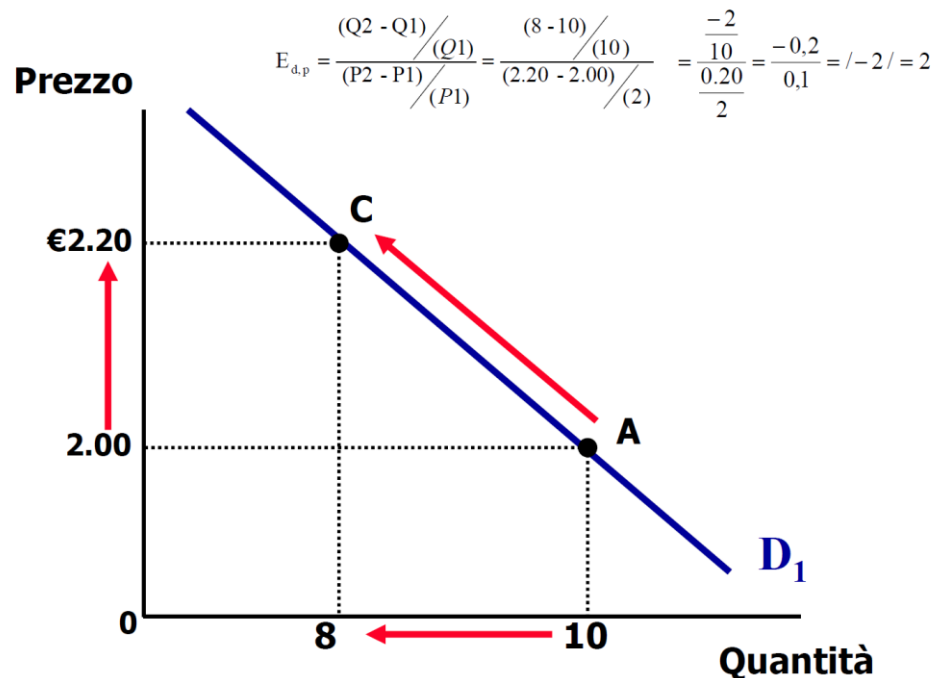
elasticità della domanda

rispetto al prezzo (edp)

diretta = variazione della quantità domandata al variare del prezzo del bene stesso

incrociata = variazione della quantità domandata al variare del prezzo di un altro bene stesso

rispetto al reddito (edr) = variazione della quantità domandata al variare del reddito del consumatore

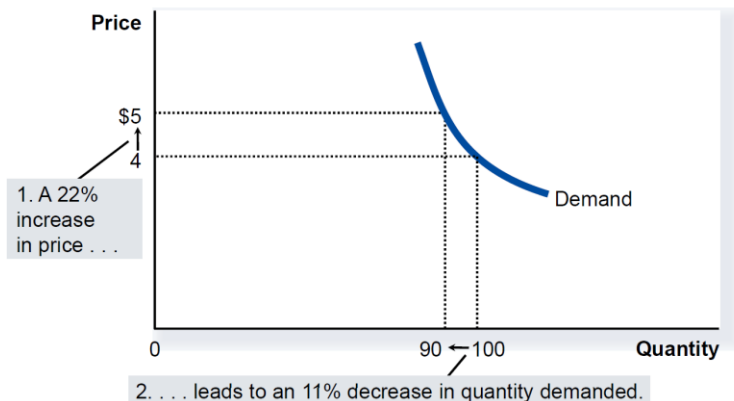


La quantità domandata varia più che proporzionalmente al variare del prezzo, la domanda è elastica

DOMANDA RIGIDA E DOMANDA ELASTICA

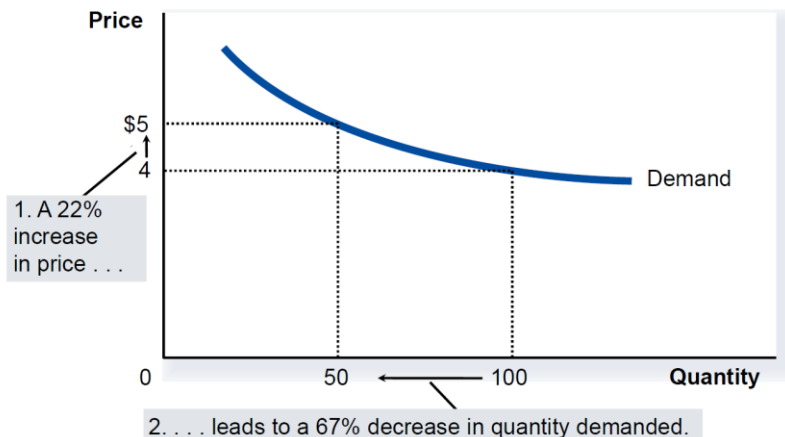
$edp < 1$ (elasticità bassa = rigidità: reazione debole a variazioni di prezzo) → **cdd molto inclinata**

(b) Domanda anelastica: Elasticità < 1



- **$edp > 1$** (elasticità elevata: reazione forte a variazioni di prezzo) → **cdd poco inclinata**

(d) Domanda elastica: Elasticità > 1



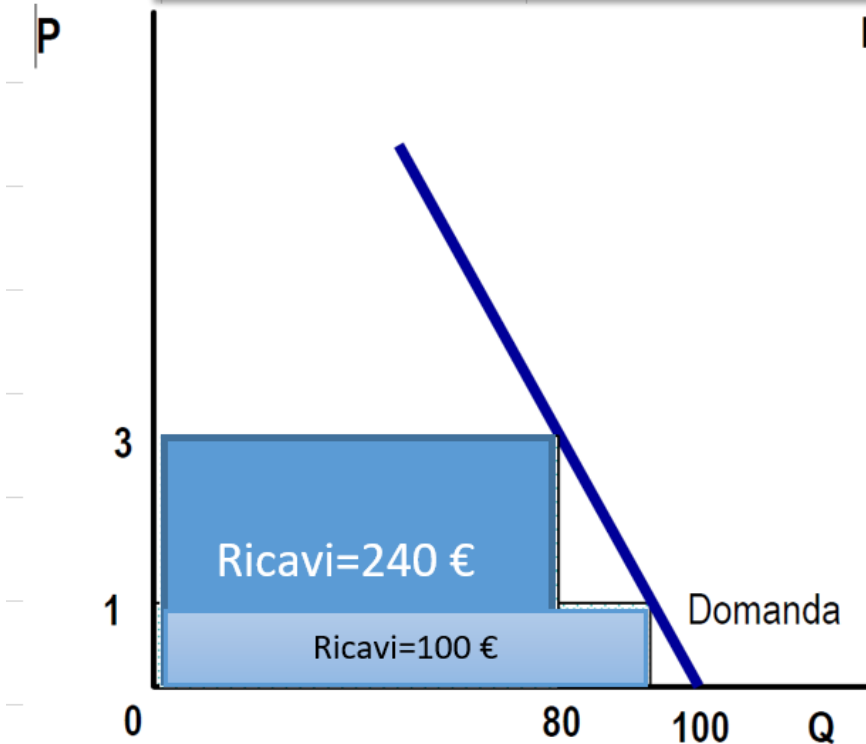
DOMANDA RIGIDA E DOMANDA ELASTICA

- Concettualmente, l'elasticità indica la sensibilità della domanda alle variazioni di X.
 - Se l'elasticità è positiva, un aumento di X si traduce in un aumento della domanda.
 - Se l'elasticità è negativa, un aumento di X si traduce in una diminuzione della domanda.
 - Maggiore è il valore assoluto dell'elasticità, più la domanda è sensibile a X.
 - Diciamo che la domanda è "**elastica**" rispetto a X se il valore assoluto dell'elasticità è maggiore di 1.0. Ciò si verifica quando la domanda cambia di oltre l'1% se X cambia dell'1%.
 - Diciamo che la domanda è "**inelastica**" o rigida rispetto a X se il valore assoluto dell'elasticità è inferiore a 1,0. Ciò si verifica quando la domanda cambia di meno dell'1% se X cambia dell'1%.
- Un'ampia serie di relazioni sulle elasticità del trasporto pubblico è stata fatta dal Transit Cooperative Research Program (TCRP) all'interno del Transportation Research Board.

CONSEGUENZE PRATICHE DELL'ELASTICITÀ DELLA DOMANDA

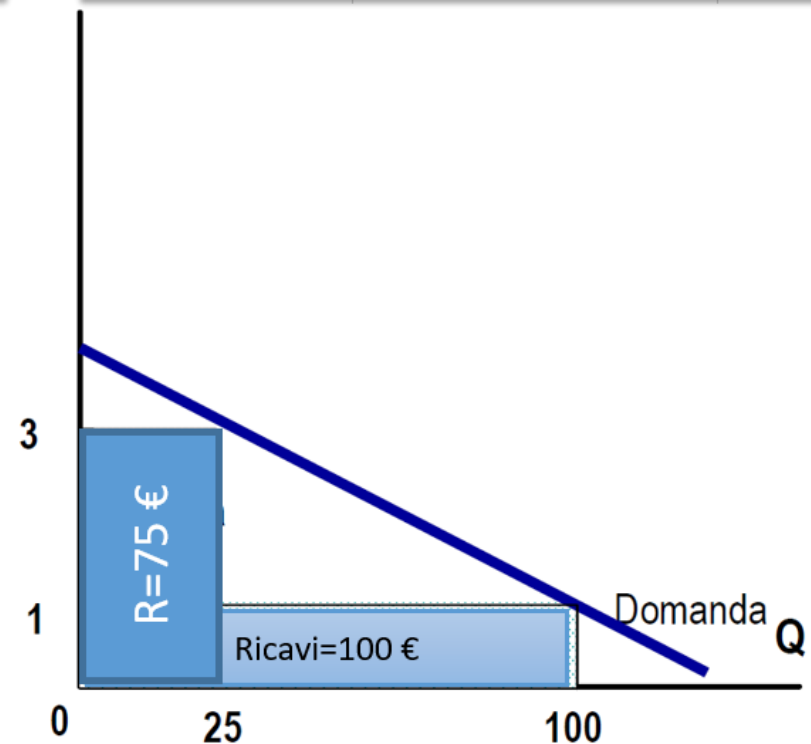
Domanda rigida

Un aumento del prezzo da 1 a 3
porta i ricavi a 240 €



Domanda elastica

Un aumento del prezzo da 1 a 3
porta i ricavi a 75 €



METODI BASATI SULL'ELASTICITÀ

L'elasticità può essere utilizzata rispetto a qualunque fattore che la influenza

- D_1 passeggeri dopo la modifica
- D_0 passeggeri prima della modifica
- x_1 variabile di servizio dopo modifica
- x_0 variabile di servizio prima modifica
- e_x elasticità di R rispetto a x

$$D_1 = D_0 \left[1 + \sum_x e_x \left(\frac{x_1 - x_0}{x_0} \right) \right] \quad e_x = \frac{\Delta D / D}{\Delta x / x} = \frac{\Delta D}{\Delta x} \frac{x}{D}$$

VALORI DI ELASTICITÀ TIPICI

$$D_1 = D_0 \left[1 + \sum_x e_x \left(\frac{x_1 - x_0}{x_0} \right) \right]$$

variabile	Valori tipici di elasticità	Range
Tariffa	-0.3	-0.1÷-0.5
Intertempo	-0.4	-0.2÷-0.7
Tempo totale di viaggio	-1.0	-n.a.

Nigel H.M. Wilson

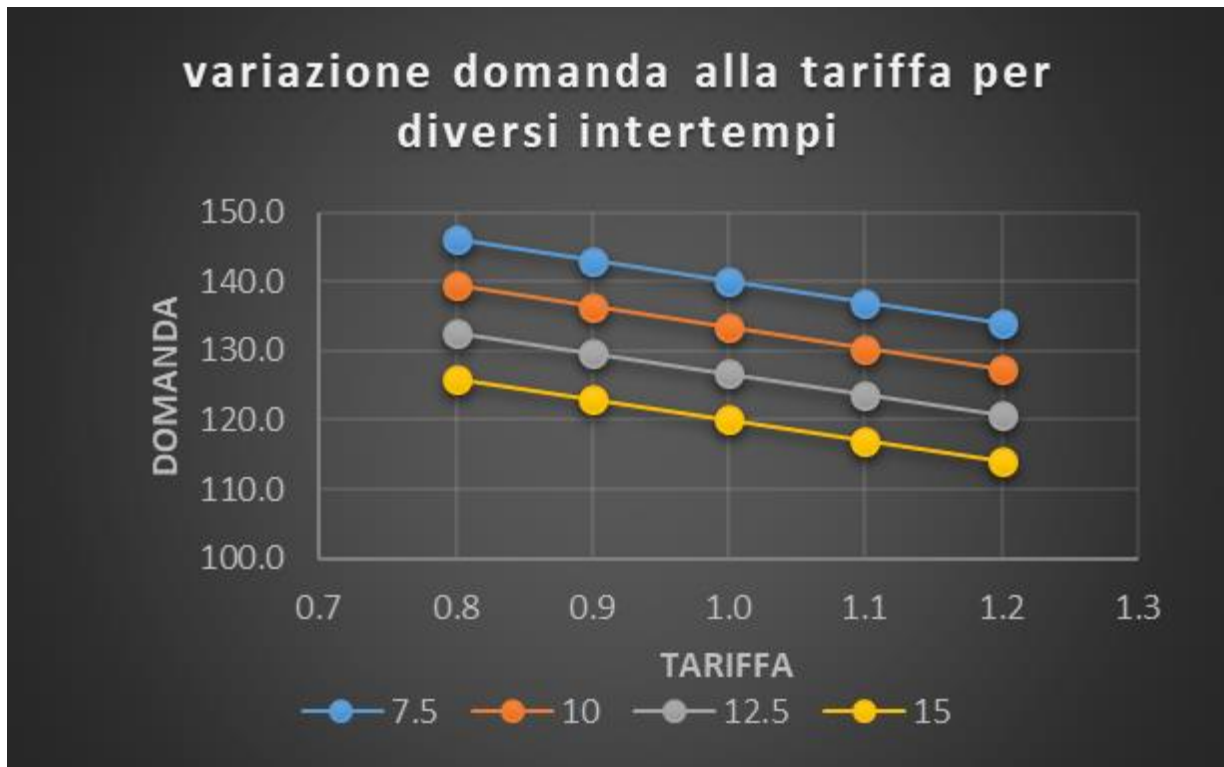
1.258J/11.541J/ESD.226J, Fall 2003

Lecture 10: October 7

- Le **città piccole** hanno elasticità alla tariffa maggiori rispetto alle grandi (ruolo TPL scarso)
- Maggiore elasticità nel **bus** rispetto a tpl su ferro (chi vive vicino ad una stazione spesso non ha l'auto)
- Elasticità ore di **morbida** doppia rispetto ad ora di punta (motivo spostamento)
- Spostamenti **brevi** più elastici rispetto a lunghi
- Elasticità al reddito cresce con reddito e si riduce con l'età
- Spostamenti per lavoro sono i meno elastici

ELASTICITÀ
RISPETTO A
TARIFFA E
FREQUENZA

vedi foglio
excel



ELASTICITÀ RISPETTO AL TEMPO

- Componenti del tempo di viaggio
 - T_w Tempo di accesso/egresso a piedi
 - T_a Tempo di attesa
 - T_b Tempo a bordo
 - NT Numero di trasbordi
- TT_p Tempo di viaggio pesato totale
- $TT_p = T_b + 1.5T_a + 2.5T_w + 10NT$
- Elasticità
 - Ore di punta $e=-1.5$
 - Mezzogiorno $e=-2.0$
 - Altre ore di morbida $e=-3.0$

Table 2-1 Deterrent Effect of Various Kinds of Travel Time
(relative to ride time = 1)

Delay Type:	Walk	Initial Wait	Ride	Wait for Connection
<i>Governing Feature:</i>	<i>Stops, Stations (chapter 5)</i>	<i>Frequency (chapter 7)</i>	<i>Speed, Delay (chapter 8)</i>	<i>Frequency, Connections (chapters 7, 12)</i>
Minimum	0.8	0.8	1.0	1.1
Average	2.2	2.1	1.0	2.5
Maximum	4.4	5.1	1.0	4.4

Source: *Transit Capacity and Quality of Service Manual*, 2nd ed.

Table 8 Direct and Cross-Share Elasticities (Hensher 1997, Table 8)

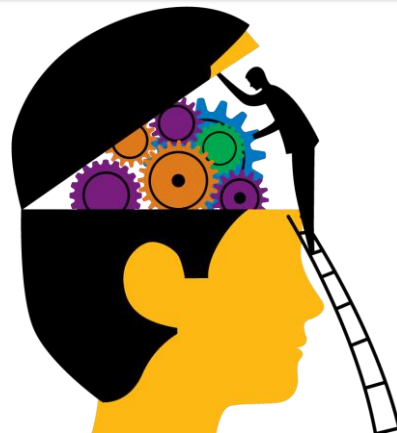
	Train	Train	Train	Bus	Bus	Bus	Car
	Single Fare	Ten Fare	Pass	Single Fare	Ten Fare	Pass	
Train, single fare	-0.218	0.001	0.001	0.057	0.005	0.005	0.196
Train, ten fare	0.001	-0.093	0.001	0.001	0.001	0.006	0.092
Train, pass	0.001	0.001	-0.196	0.001	0.012	0.001	0.335
Bus, single fare	0.067	0.001	0.001	-0.357	0.001	0.001	0.116
Bus, ten fare	0.020	0.004	0.002	0.001	-0.160	0.001	0.121
Bus, pass	0.007	0.036	0.001	0.001	0.001	-0.098	0.020
Car	0.053	0.042	0.003	0.066	0.016	0.003	-0.197

This table indicates how changes in transit fares and car operating costs affect transit and car

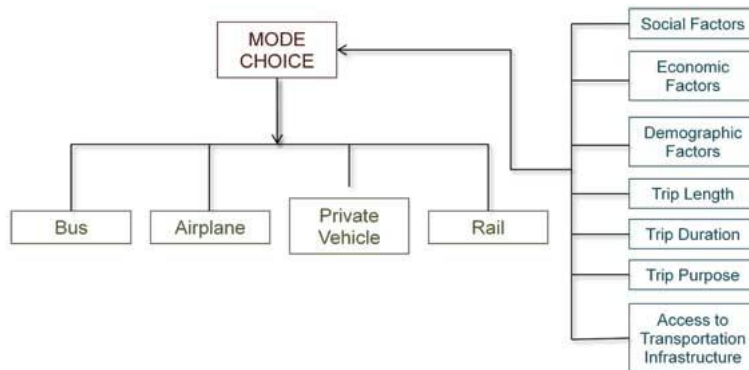
ELASTICITÀ DIRETTA E INCROCIATA

Ad esempio, un aumento del 10% della tariffa per singolo biglietto treno determina una riduzione del 2.18% delle vendite di questi titoli di viaggio, un aumento del 0.57% della vendita dei biglietti singola tariffa del bus ed un aumento del 1.96% nell'uso dell'automobile (Indagine sui residenti di Newcastle, Australia)

MODELLI COMPORTAMENTALI



SCELTA DEL MODO DI TRASPORTO



SCELTA DEL SERVIZIO DI TRASPORTO

Which alternative would you choose?

Alternative 1	Alternative 2	
Walking distance: 300 m	Walking distance: 0 m	
Fare: 2.50 €	Fare: 4.00 €	
Shift of departure: +20 min	Shift of departure: +0 min	
Travel time: 20 min	Travel time: 20 min	
Information: much	Information: much	
Time of booking: 30 min	Time of booking: 30 min	
☐	☐	None of these ☐

MODELLO A 4 STADI

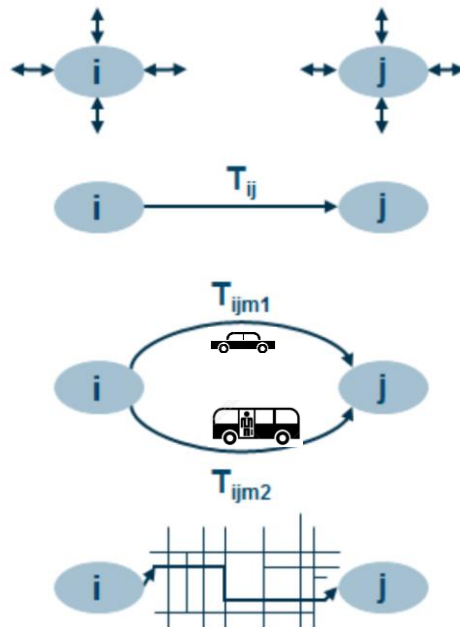
La mobilità è il frutto di un numero elevato di scelte individuali

GENERAZIONE

DISTRIBUZIONE

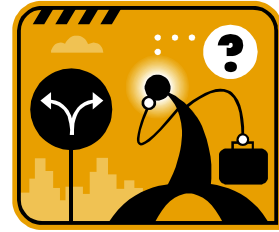
SCELTA MODO
DI TRASPORTO

SCELTA DEL
PERCORSO

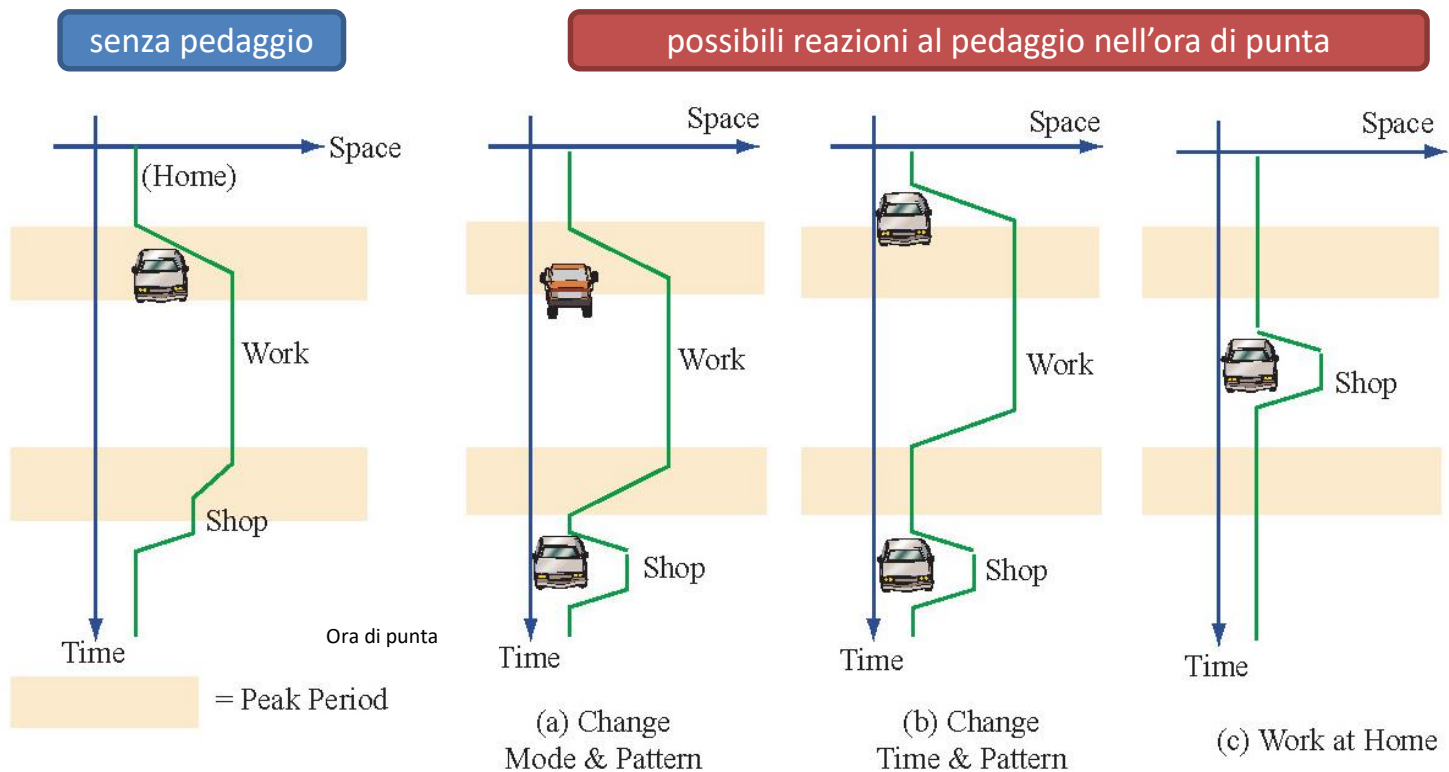


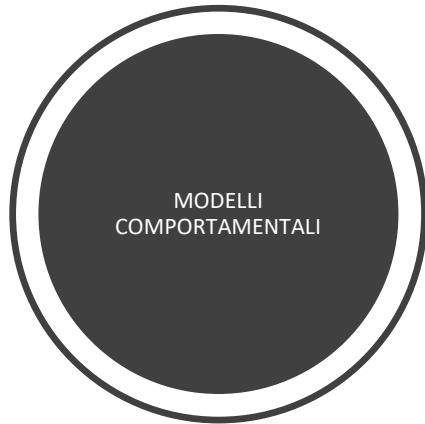
Scelte di viaggio e scelte di mobilità

- Negli studi sui trasporti si trova generalmente la distinzione tra
 - scelte di viaggio
 - e scelte di mobilità.
- Le **scelte di viaggio** sono quelle strettamente trasportistiche, che riguardano solo le caratteristiche del singolo viaggio (se spostarsi, a che ora spostarsi, dove recarsi, in quale modo spostarsi, se effettuare un viaggio diretto o concatenato, quale percorso seguire ecc.) e pertanto sono **scelte di breve termine** in quanto hanno effetto solo sul singolo viaggio che si sta realizzando.
- Le **scelte di mobilità** sono, invece, rappresentate dalle scelte del luogo di residenza, del luogo di lavoro, del possesso d'auto, della costituzione di una famiglia etc. Si tratta di scelte che hanno, generalmente, un effetto più a **lungo termine** e pertanto, spesso, sono definite gerarchicamente superiori rispetto alle scelte di viaggio.



Es. di scelte di viaggio





MODELLI DI SCELTA DISCRETA BASATI SULLA TEORIA DELLA UTILITÀ ALEATORIA

- Componenti
 - **Decisori** e loro caratteristiche socio-economiche
 - **Alternative** e loro **attributi**
- Esempio: scelta del modo di trasporto per andare al lavoro
 - Decisore: lavoratore
 - Caratteristiche: reddito, età
 - Alternative: auto e bus
 - Attributi: costo di viaggio, tempo di viaggio

TEORIA UTILITÀ ALEATORIA

- L'utilità associata dal generico **decisore** i all' **alternativa** j non è nota con certezza dall'analista, e pertanto è una **variabile aleatoria** per la quale è possibile esprimere la probabilità di scelta condizionata al suo insieme di scelta I^i ;

$$p^i[j / I_i] = \Pr[U_j^i > U_k^i] \quad \forall k \neq j, k \in I_i$$

- Si assume che l'utente non scelga una alternativa per sè, ma piuttosto l'insieme delle caratteristiche proprie di quell'alternativa confrontandolo con quelli delle altre disponibili; non è dunque possibile prevedere con certezza quale alternativa sarà scelta ma calcolarne la **probabilità** $p^i(j) = \text{prob}[U_j^i > U_k^i]$.

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

Come si costruisce la funzione di utilità

$U(\text{bus}) = U(\text{tempo a piedi, tempo a bordo, tariffa, ...})$

$U(\text{auto}) = U(\text{tempo di viaggio, costo del parcheggio})$

- Supponiamo che l'utilità sia una funzione lineare degli attributi

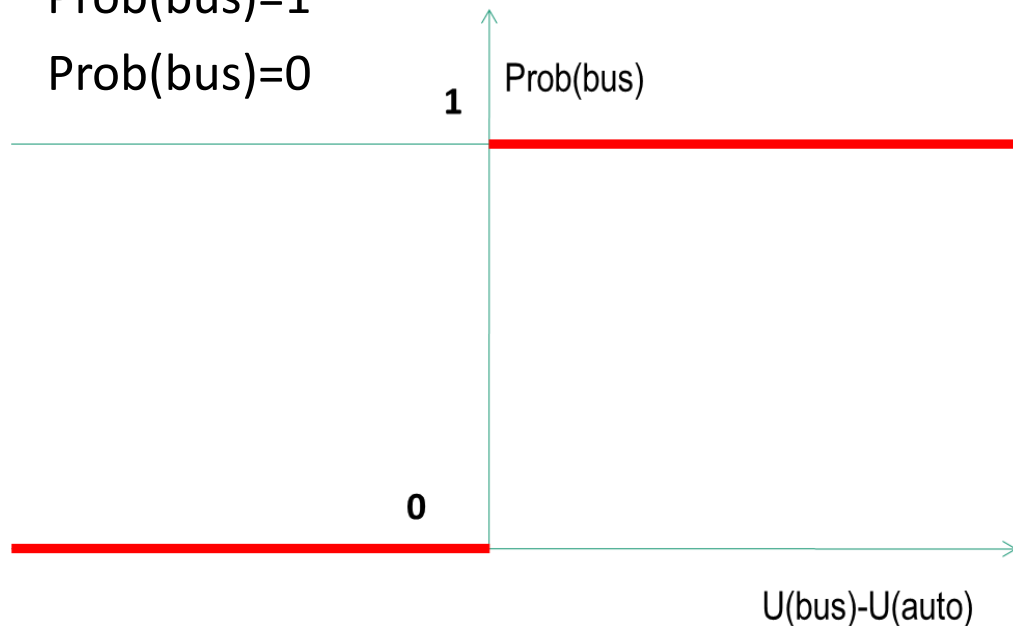
$U(\text{bus}) = \beta_1 X_1 (\text{tempo a piedi}) + \beta_2 X_2 (\text{tempo a bordo}) + \dots$

- Gli attributi possono includere caratteristiche socioeconomiche
- Se $U(\text{bus}) > U(\text{auto})$ il decisore sceglie il bus
- Se $U(\text{bus}) < U(\text{auto})$ il decisore sceglie l'auto

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

Scelta binaria deterministica

- Se $U(\text{bus}) - U(\text{auto}) > 0$, $\text{Prob}(\text{bus}) = 1$
- Se $U(\text{bus}) - U(\text{auto}) < 0$, $\text{Prob}(\text{bus}) = 0$



MODELLI DI SCELTA DISCRETA

L'IPOTESI DETERMINISTICA NON È REALISTICA

1. **L'utente** che compie uno spostamento potrebbe non avere un'esatta conoscenza degli attributi delle alternative disponibili.

Per esempio un utente che sceglie tra bus e auto per uno spostamento casa-acquisti, difficilmente conosce esattamente

- il tempo di spostamento
- il tempo di attesa del bus
- se troverà un posto a sedere
- o se troverà un parcheggio libero e gratuito vicino alla destinazione.

Quindi le opinioni e le percezioni degli utenti possono differire dai valori degli attributi oggettivamente misurati.

2. **L'analista** potrebbe non conoscere esattamente gli attributi di scelta importanti per il viaggiatore.
3. Diversi utenti potrebbero **valutare in modo diverso** gli stessi valori di attributo

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

IPOTESI DI SCELTA PROBABILISTICA

- Modello di utilità aleatoria

$$U_j = V(\text{attributi di } j; \text{parametri } \beta) + \varepsilon_j$$

- ε è una variabile aleatoria che rappresenta l'imperfetta conoscenza di attributi non osservati, variazioni nelle preferenze, errori di misura, etc
- $U(\text{bus}) = \beta_1 X_1 (\text{tempo a piedi}) + \beta_2 X_2 (\text{tempo a bordo}) + \dots + \varepsilon_{\text{bus}}$

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

UTILITÀ SISTEMATICA E RESIDUO ALEATORIO

$$U_j^i = V_j^i + \varepsilon_j$$

utilità

=

sistematica

+

errore

sistematica

Variabili osservabili

e.g. -caratteristiche socio-economiche individuali
-livello di servizio delle alternative

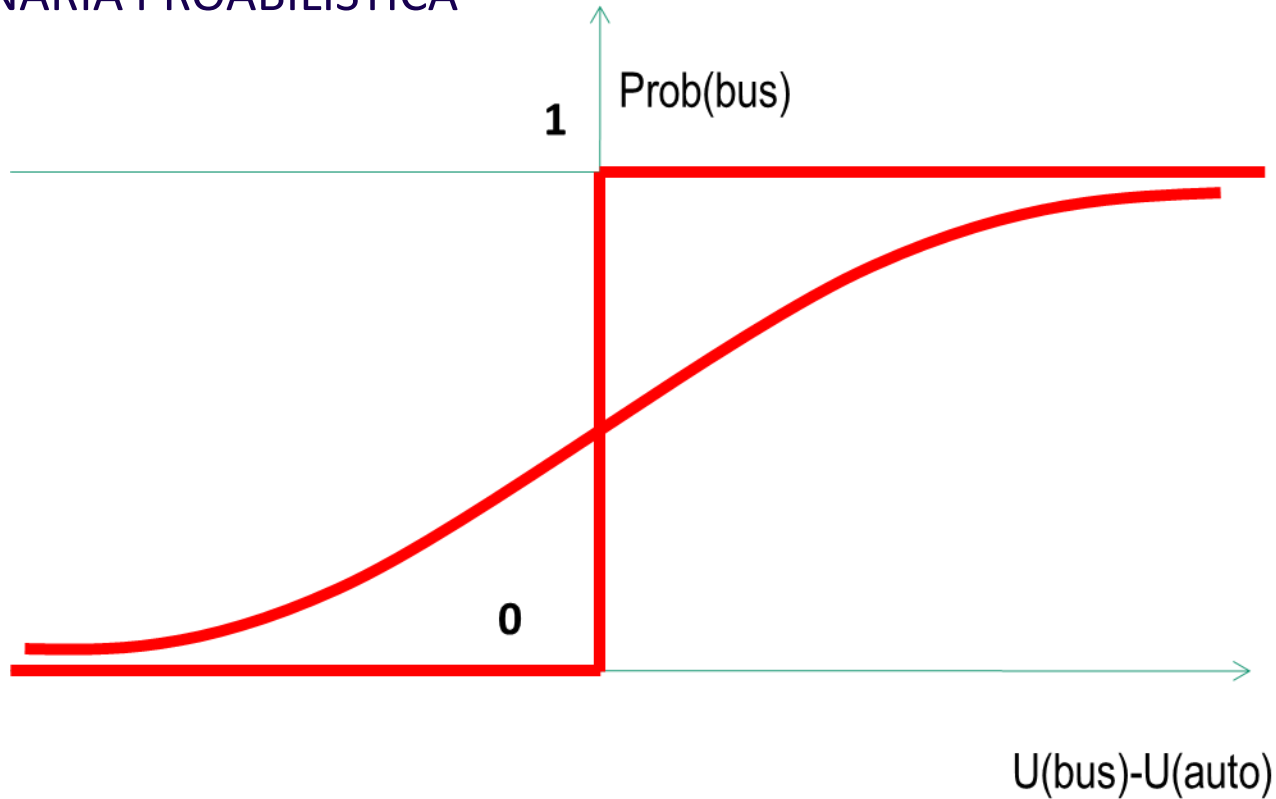
errore

Variabili non osservabili

e.g.- gusti, attitudini, abitudini, principi individuali
- errori di valutazione delle variabili osservabili

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

SCELTA BINARIA PROBABILISTICA



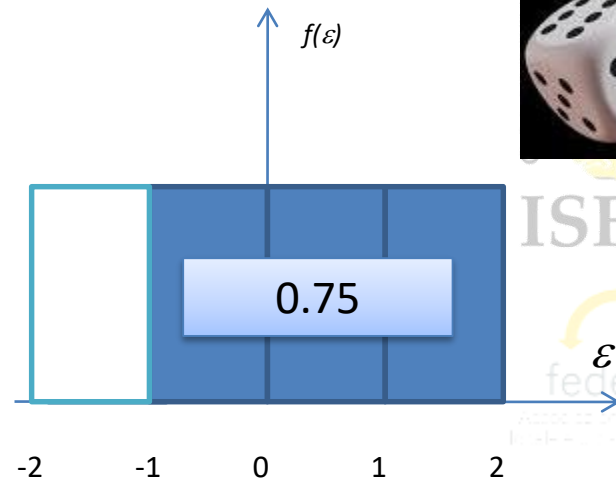
MODELLI DI SCELTA DISCRETA

ESEMPIO 1, COME SI CALCOLA LA PROBABILITÀ DI SCELTA



ISFOR

federMob



- Consideriamo una situazione in cui ci siano solo due alternative. Sia
$$U_1 = 3 + \varepsilon$$
l'utilità della prima alternativa
$$U_2 = 2$$
l'utilità della seconda alternativa
- La probabilità che la prima alternativa sia scelta è:
$$P_1 = \Pr(U_1 \geq U_2) = \Pr(3 + \varepsilon \geq 2) = \Pr(\varepsilon \geq -1)$$
- Ipotizzando una distribuzione di probabilità di ε di tipo uniforme compresa tra -2 e 2, cioè qualunque valore ha la stessa probabilità di essere scelto, quindi la probabilità che un dato valore sia scelto è 0.25, in modo che l'integrale della funzione densità sia pari a 1
- Dunque $P_1 = \Pr(\varepsilon \geq -1) = 0.75$ e $P_2 = 0.25$
- L'esempio mostra la natura della probabilità di scelta: il 75% degli individui per i quali la funzione di utilità è quella specificata sopra, sceglieranno l'alternativa 1
- Se U_1 restasse invariato e invece $U_2 = 3$, si avrebbe $P_1 = 0.50$
- Quindi la probabilità di scelta dipende sia dagli attributi della funzione di utilità sia dalla distribuzione della componente aleatoria

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

MODELLO LOGIT MULTINOMIALE

- L'espressione di tale probabilità dipende dalla legge di distribuzione dei residui aleatori: al variare delle ipotesi che si fanno sulla distribuzione congiunta dei residui aleatori si possono ottenere diversi modelli di utilità aleatoria.
- Uno dei modelli più diffusi è il **modello Logit multinomiale**

$$p^i(j) = \frac{e^{\alpha V_j^i}}{\sum_{k \in I_i} e^{\alpha V_k^i}}$$

pausa

MODELLI DI SCELTA DISCRETA

SIGNIFICATO DEL PARAMETRO ALFA DEL MODELLO

- Il valore del parametro α dipende dalla varianza del residuo aleatorio ε . Infatti al diminuire della varianza di ε , cresce il valore di α e con esso la **sensibilità del modello** ai cambiamenti dei valori delle variabili contenute in V .
- Per valori alti di α il modello si avvicina da una scelta deterministica, al contrario tende ad una scelta del tutto casuale
- Nel caso di due alternative 1 e 2
- La probabilità dipende dal differenziale delle utilità sistematiche

$$p(1) = \frac{e^{(\alpha V_1)}}{e^{(\alpha V_1)} + e^{(\alpha V_2)}} = \frac{1}{1 + e^{\alpha(V_2 - V_1)}}$$

Esempio di modello di scelta modale

Mode choice model

	A	B	C
A	0	200	150
B	200	0	200
C	150	200	0

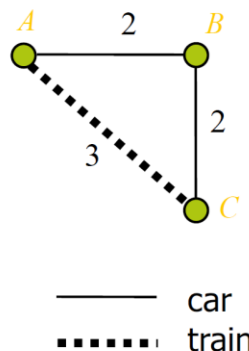
car 93
train 57

0	200	93
200	0	200
93	200	0

car

0	0	57
0	0	0
57	0	0

train



$$V_{CA}^{car} = -0.6 \cdot c_{CA}^{car}$$

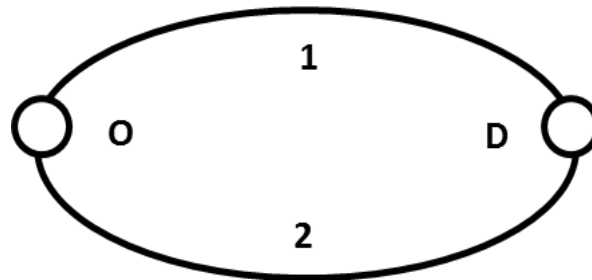
$$V_{CA}^{train} = -0.5 - 0.8 \cdot c_{CA}^{train}$$

$$P_{ijv} = \frac{e^{V_{ijv}}}{\sum_w e^{V_{ijw}}}, \quad (\text{i.e. } \beta = 1)$$

$$P_{CA}^{car} = \frac{e^{-0.6 \cdot 4}}{e^{-0.6 \cdot 4} + e^{-0.5 - 0.8 \cdot 3}} = 62\%$$

Esempio di modello di scelta del percorso

- Siano dati due percorsi che collegano un nodo di origine con uno di destinazione. Si calcoli la probabilità di scelta dei due percorsi.
- Sia $V_j = \beta_t t_j + \beta_c c_j$ la funzione di utilità, con
- t_j , tempo di percorrenza del percorso j
- c_j , costo monetario sostenuto nel percorso j (costo di esercizio, pedaggio, etc,)
- $\beta_t = -0.20$ coefficiente dell'attributo di scelta tempo di percorrenza
- $\beta_c = -2.00$ coefficiente dell'attributo di scelta costo monetario



Esempio modello di scelta del percorso

- $V_1 = -0.20 \cdot t_1 - 2.00 \cdot c_1$
- $V_2 = -0.20 \cdot t_2 - 2.00 \cdot c_2$
- Sia $t_1=15'$, $t_2=30'$, $c_1=1.50$ €, $c_2=1.00$ €
- $p_1 = e^{\alpha V_1} / (e^{\alpha V_1} + e^{\alpha V_2})$
- $p_2 = e^{\alpha V_2} / (e^{\alpha V_1} + e^{\alpha V_2}) = 1 - p_1$
- La tabella seguente mostra il risultato per diversi valori del parametro α del modello.

alfa	P1	P2
0.20	0.60	0.40
0.50	0.73	0.27
1.00	0.88	0.12

RIPARTIZIONE MODALE

ESEMPIO 3, MODI: BUS, PIEDI, AUTO

$$d = x_a + x_b + x_p$$

Domanda totale

$$x_a = d \cdot p_{auto}(V_a(x_a, x_b))$$



$$x_b = d \cdot p_{bus}(V_b(x_b, x_a))$$



$$x_p = d \cdot p_{pedi}(V_p(x_p))$$



$$p^i(j) = \frac{e^{(\alpha V_j^i)}}{\sum_{k \in I_i} e^{(\alpha V_k^i)}}$$

$$P_{pedi} = \frac{e^{\alpha V_{pedi}}}{e^{\alpha V_{pedi}} + e^{\alpha V_{auto}} + e^{\alpha V_{busi}}}$$

$$P_{auto} = \frac{e^{\alpha V_{auto}}}{e^{\alpha V_{pedi}} + e^{\alpha V_{auto}} + e^{\alpha V_{busi}}}$$

$$P_{bus} = \frac{e^{\alpha V_{bus}}}{e^{\alpha V_{pedi}} + e^{\alpha V_{auto}} + e^{\alpha V_{busi}}}$$

$$V_{pedi} = \beta_1 T_{pedi}$$

$$V_{auto} = \beta_2 T_{auto} + \beta_3 C_{auto} + ASA_AUTO$$

$$V_{bus} = \beta_2 T_{bus} + \beta_3 C_{bus} + ASA_BUS$$

	ATTRIBUTI	beta
Ip	Tempo (h)	-11.94
Ia	Tempo (h)	-5.45
Ca	Costo monetario	-3.479
ASA_AUT	Attributo specifico dell'alternativa	-2.54
O		
Ib	Tempo (h)	-5.45
Cb	Costo monetario	-3.479
ASA_BUS	Attributo specifico dell'alternativa	-2.29

$$T_{pedi} = \frac{L_p}{V_p}$$

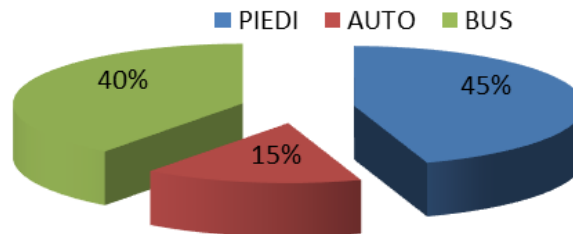
$$T_{bus} = t_{att} + t_{bordo}$$

$$t_{att} = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \frac{1}{2f} = \frac{1}{2} \frac{Cap_b}{x_b}$$

$$t_{bordo} = \frac{L_b}{V_b}$$

$$T_a = \frac{L_a}{V_a} \left[1 + 0.5 \left(\frac{x_a}{Cap_a} \right)^4 \right]$$

ripartizione modale



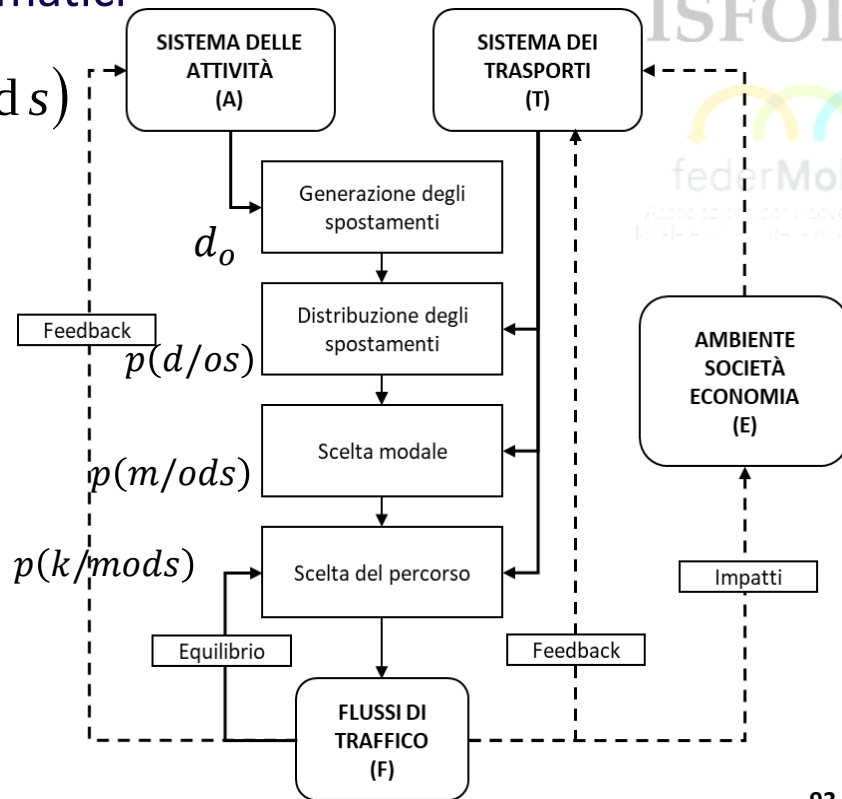
MODELLO A 4 STADI

Ricostruzione della domanda con modelli matematici

$$d_{od}(s, m, k) = d_o(s) \cdot p(d/os) \cdot p(m/ods) \cdot p(k/mods)$$

O/D	1	2	3	d	..	n
1						
2						
3						
o				d_{od}		
..						
n						

$$p^i(j) = \frac{e^{(\alpha V_j^i)}}{\sum_{k \in I_i} e^{(\alpha V_k^i)}}$$



FONTE DATI PER LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO DI SCELTA

- I **parametri** dei modelli di scelta discreta si ottengono con la **calibrazione** del modello
- La **calibrazione** si ottiene con una serie di **osservazioni** dei comportamenti di scelta
- Se le scelte sono realmente effettuate dagli utenti in un contesto di trasporto già esistente, si parla di indagini alle Preferenza Rivelate (**Revealed Preferences, RP**)
- Se le scelte sono relative ad una situazione ipotetica di alternative di trasporto ancora non esistenti, si parla di indagini alle Preferenze Dichiarate (**Stated Preferences, SP**)
- Le indagini RP si eseguono per prevedere i comportamenti di scelta della **domanda effettiva**.
- Le indagini SP servono per prevedere i comportamenti di scelta della **domanda potenziale**.

DOMANDA POTENZIALE

RIFERIMENTI LEGISLATIVI

DL 201/2011 art. 37	Istituzione Autorità Regolazione dei Trasporti
delibera ART 48/2017	Atto di regolazione recante la definizione della metodologia per l'individuazione degli ambiti di servizio pubblico e delle modalità più efficienti di finanziamento
delibera ART 48/2017 All. 1	Domanda potenziale , domanda debole di mobilità, servizi di trasporto di Ambito, Obblighi di Servizio Pubblico di Ambito e metodo di finanziamento, criteri tariffe, lotti di affidamento

DEFINIZIONI

All.1 Del ART 48/2017

- **Ambito di servizio pubblico:** sistema composito di **servizi di trasporto pubblico** di persone, anche di diverse modalità (automobilistica, filoviaria, tranviaria, metropolitana, ferroviaria, a fune, lacuale, lagunare, fluviale e regionale marittima) e tipologie (di linea, non di linea), **funzionali a soddisfare** obblighi di servizio pubblico (OSP) e, in generale, **esigenze essenziali di mobilità dei cittadini**, anche senza compensazione diretta degli operatori.
- **Bacino di mobilità:** **area territoriale che comprende i servizi di trasporto dell'Ambito di servizio pubblico, determinata sulla base di una analisi della domanda potenziale** (d.lgs 422/97)
- **ANALISI DELLA DOMANDA POTENZIALE:** si esegue **mediante indagini e/o simulazioni** periodiche effettuate; comprende distribuzione temporale e spaziale della domanda, motivazioni di viaggio, disponibilità a pagare, in generale le preferenze
- **ANALISI DELLA DOMANDA EFFETTIVA:** si esegue con le informazioni derivanti **dall'osservazione delle serie storiche** dei passeggeri trasportati e dei dati di traffico compresi biglietti venduti e relativi ricavi, e ai dati dell'Osservatorio TPL (art. 1, comma 300, L 244(2007).

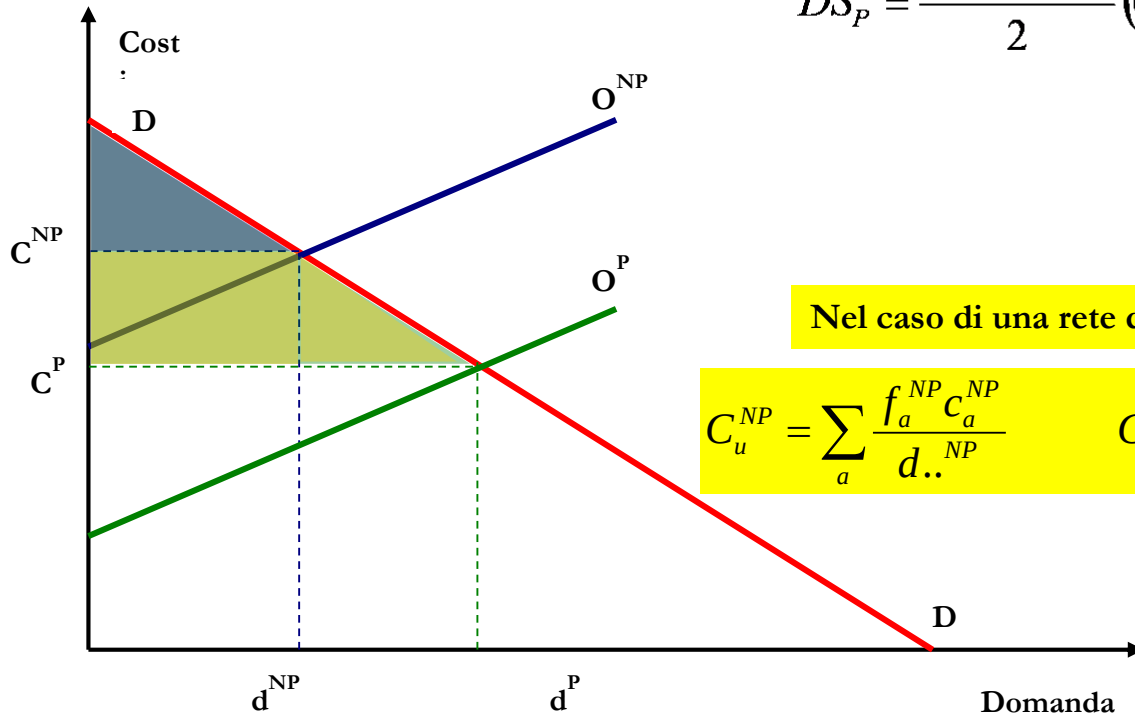
DEFINIZIONI

Del ART 83/2016, All. A

- **Bacino di traffico o di mobilità:** area risultante dall' **insieme di più Comuni** contigui caratterizzata da una domanda di mobilità i cui luoghi di origine-destinazione (**O/D**) sono prevalentemente **all'interno dei confini** dell'area stessa e che può essere soddisfatta con una rete funzionale autonoma e con un sistema integrato di servizi per gli utenti.
- **Disponibilità a pagare** (willingness to pay): **importo massimo** che un consumatore (passeggero) è disposto a pagare per ottenere un bene o servizio che non possiede. La differenza fra la disponibilità a pagare e il prezzo effettivamente pagato dai consumatori (tariffe) genera un **surplus del consumatore o beneficio sociale netto**.
- **Obbligo di servizio pubblico** (OSP): l'obbligo definito o individuato da un'autorità competente al fine di garantire la **prestazione di servizi di trasporto pubblico** di passeggeri di interesse generale che un operatore, ove considerasse il proprio interesse commerciale, non si assumerebbe o non si assumerebbe nella stessa misura o alle stesse condizioni senza compenso

SURPLUS DEL CONSUMATORE (beneficio sociale netto)

$$DS_P = \frac{d^{NP} + d^P}{2} (C_u^{NP} - C_u^P)$$



Nel caso di una rete di trasporto

$$C_u^{NP} = \sum_a \frac{f_a^{NP} c_a^{NP}}{d^{NP}} \quad C_u^P = \sum_a \frac{f_a^P c_a^P}{d^P}$$

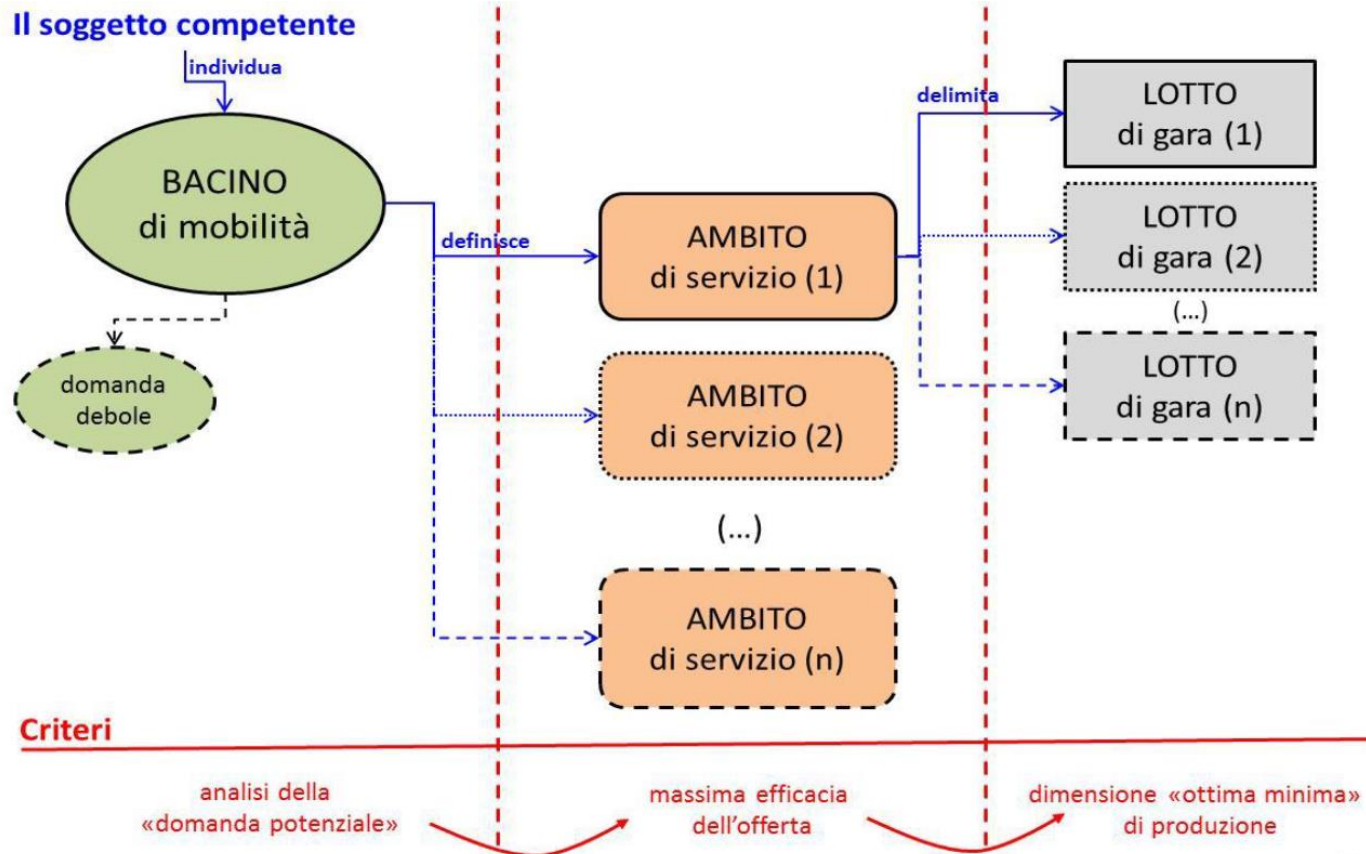
DOMANDA DI MOBILITÀ POTENZIALE - rilevazione

- L' **Ambito di servizio pubblico** è identificato con riferimento a una **domanda di mobilità potenziale**, misurata attraverso **apposite rilevazioni** effettuate dall'ente responsabile della programmazione del servizio o da suoi enti strumentali, che tengono conto anche degli elementi utili alla stima degli introiti derivanti dalle tariffe.
- L'effettuazione di indagini sulla domanda potenziale da condurre nei territori a domanda debole è propedeutico anche all'applicazione di tariffe differenziate.

DOMANDA DI MOBILITÀ POTENZIALE - finalità

- **Soddisfare la domanda di mobilità** della popolazione, ed in particolare di quella debole, attraverso forme di **finanziamento degli OSP più efficienti** (itinerari, frequenze, orari, periodicità, posti a sedere, etc.)
- Utilizzare e combinare le modalità e tipologie di trasporto meno onerose a costi efficienti con una indicazione chiara verso **l'utilizzo di servizi non di linea in caso di domanda debole**

Work-Flow del procedimento



DOMANDA DI MOBILITÀ POTENZIALE

RILIEVO MEDIANTE METODO DELLE PREFERENZE DICHIARATE (SP)

- Con tali metodologie la **disponibilità individuale a pagare** è **rilevata in modo diretto** tramite indagini a campione, diversamente dai metodi indiretti, o approcci basati sulle preferenze rivelate (RP), in cui questa è desunta dai comportamenti messi in atto (incluse le **indagini di soddisfazione dell'utenza**).
- La **disponibilità individuale a pagare** per un servizio di trasporto viene stimata attraverso le **dichiarazioni di soggetti selezionati a campione** e intervistati in merito alle loro preferenze circa combinazioni di offerta ipotetiche.
- In particolare, la **preferenza** ad utilizzare una modalità e tipologia di trasporto viene **stimata in maniera "contingente"** (cioè in termini relativi, non assoluti) rispetto sia a diverse alternative modali, sia a diversi requisiti o caratteristiche di offerta della stessa modalità e tipologia, incluso il prezzo (spesa per l'utente).

INDAGINI SP

ASPETTI CARATTERISTICI

- Le indagini SP fanno riferimento ad una famiglia di tecniche che prevedono interviste ad individui circa le loro **preferenze tra diverse opzioni di bene o servizio** al fine di **stimare le funzioni di utilità**.
- Nel caso dei servizi di trasporto, si chiede all'intervistato **come si comporterebbe** di fronte a differenti **alternative ipotetiche** di viaggio, cioè servizi di trasporto ancora non esistenti.
- Ogni alternativa è un «pacchetto» con **diversi attributi** (es. tempo, prezzo, frequenza, affidabilità, etc.)
- Il progetto delle indagini prevede la costruzione delle alternative in modo che possa essere stimato **l'effetto individuale di ciascun attributo**
- Le **alternative** ipotetiche devono essere chiare, **realistiche**, riconducibili all'esperienza dell'intervistato

INDAGINI SP

IPOTESI DEI COMPORTAMENTI DI SCELTA

IPOTESI	DESCRIZIONE
RAZIONALITÀ	Ciascun individuo possiede una relazione di preferenza $\succ$ tra le scelte possibili
TRANSITIVITÀ	Se $A \succ B$ e $B \succ C$ allora $A \succ C$ Se l'alternativa A è preferibile B e B a C, allora A è preferibile a C
FUNZIONE UTILITÀ	Se A è preferibile a B, esiste una funzione utilità tale che $U(A) > U(B)$
REGOLA DECISIONALE	Il decisore sceglie l'alternativa che rende massima la funzione di utilità (decisore razionale)

STRATEGIA DECISIONALE



Il ruolo dei *cutoff* nel processo decisionale

I *cutoff* non sono altro che limiti auto-imposti dagli individui sui livelli degli attributi allo scopo di semplificare il compito della scelta.

Se la strategia è compensativa, significa che, ad esempio, una sufficiente riduzione di costo può compensare un tempo di viaggio anche particolarmente lungo

$$U = \beta_t \cdot \text{tempo} + \beta_c \cdot \text{costo}$$

FASI DI UNA INDAGINE SP

Caratterizzazione del problema

Selezione **alternative e attributi**

Assegnazione **livelli**

Disegno degli **esperimenti**

Strutturazione del **questionario** e modalità di **somministrazione**

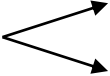
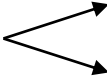
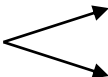
Campionamento e raccolta **dati**

Implementazione del **modello**

Vediamo alcune delle fasi

SELEZIONE ALTERNATIVE E ATTRIBUTI

Determinare gli attributi rilevanti (quelli che rappresentano in modo significativo l'oggetto di studio) attraverso esperienze passate e studi pilota.

- Tipologia attributi 
 - Quantitativi
 - Qualitativi
- Unità di misura 
 - Cardinale 
 - Valori assoluti
 - Percentuali
 - Ordinale
- ↑ Numero attributi 
 - ↑ Numero rilevazioni
 - ↑ Carico di informazioni sull'intervistato

SELEZIONE ALTERNATIVE E ATTRIBUTI

- Le **alternative** devono essere
 - ipotetiche ma realistiche
 - tecnologicamente fattibili
- Gli **attributi** devono essere
 - combinati in modo da assicurare **risposte realistiche**
 - **sufficienti** per descrivere le caratteristiche delle alternative ipotetiche
 - In **numero limitato**, di solito non superiore a 4 (difficile scegliere tra alternative che differiscono per più di 4 attributi)

ASSEGNAZIONE LIVELLI

- Range di variazione

Ampiezza minima; realismo

- ↑ Numero livelli

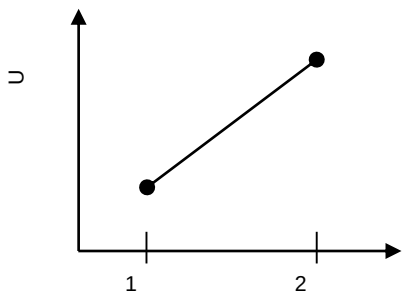


↑ Numero rilevazioni

↑ Carico di informazioni sull'intervistato

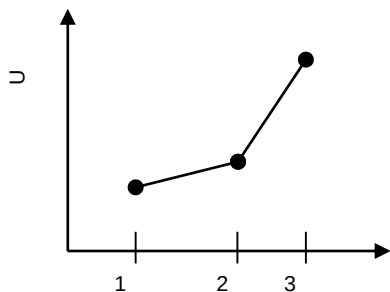
↑ Informazioni per definire le funzioni di utilità

- *part-worth utilities*, utilità parziali, derivanti dai livelli di un singolo attributo con due, tre, quattro e cinque livelli



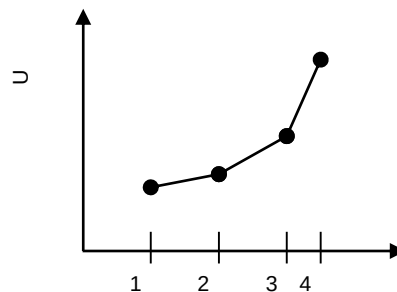
Livelli dell'attributo

(a)



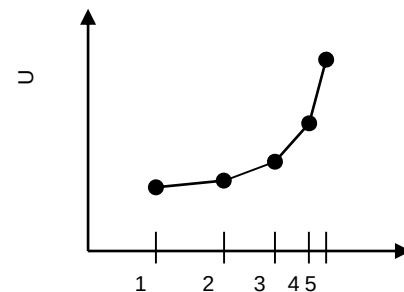
Livelli dell'attributo

(b)



Livelli dell'attributo

(c)



Livelli dell'attributo

(d)

Gatta, 2020

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

ESEMPIO

	ATTRIBUTI DELLE ALTERNATIVE		
LIVELLI DEGLI ATTRIBUTI	Costo	Durata viaggio	Comfort
1	0,50€	20 minuti	Basso
2	0,75€	30 minuti	Medio
3	1,00€	40 minuti	Alto
4	1,25€		



Full profile / Partial profile

Costo
Durata viaggio
Comfort

PROFILO 1	
	0,75€
	40 minuti
	Basso

- Creazione dei profili  *Full-factorial design*: Numero profili = $L_{A1} * L_{A2} * \dots * L_{ak}$
Fractional-factorial design: Particolare sottoinsieme
- Costruzione degli esercizi di scelta: combinazione dei profili

$$\text{Numero profili} = 4 * 3 * 3 = 36 = 4^1 * 3^2 = 36$$

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

- Selezione dei livelli degli attributi e combinazione per ciascuna alternativa
- Presentazione delle alternative
- Risposte che devono essere stimolate
- Il disegno dell'esperimento si dice **ortogonale** quando le combinazioni di attributi variano in modo indipendente le une dalle altre
- Nell'esempio precedente significa che il livello dell'attributo costo 0.50 € sarà presente con ogni livello di tempo e di comfort

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

COME ESPRIMERE UNA PREFERENZA

Tipo	finalità
<i>ranking</i>	ordinamento di tutte le opzioni presentate nell'indagine.
<i>rating</i>	assegnazione di un voto di preferenza a ciascuna opzione (es. da 1 a 5)
<i>choice</i>	effettuazione delle scelte tra due o più opzioni alternative. (Meno informativo ma più facile, veloce e realistico)

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

ESEMPIO DI ESERCIZIO DI SCELTA

Quale dei tre servizi di trasporto preferirebbe acquistare se fossero tutti disponibili sul mercato?		
<u>Profilo 1</u>	<u>Profilo 2</u>	<u>Profilo 3</u>
Costo <i>0,75€</i>	Costo <i>1,00€</i>	Costo <i>0,50€</i>
Durata viaggio <i>40min</i>	Durata viaggio <i>20min</i>	Durata viaggio <i>30min</i>
Comfort <i>basso</i>	Comfort <i>alto</i>	Comfort <i>medio</i>

L'analista deve decidere il numero degli esercizi di scelta da presentare agli intervistati e il numero dei profili in ciascun esercizio di scelta:

Compromesso tra qualità e quantità delle informazioni

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

ESEMPIO DI ESERCIZIO DI SCELTA.

Gerarchizzazione delle preferenze di 4 alternative di servizio bus

Ord. di preferenza	Tariffa (€)	Trasbordo	Tempo a bordo (min)	Tempo a piedi (min)
1	1.0	no	15	10
2	1.0	no	20	8
3	1.2	no	15	10
4	1.2	1	15	8

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

DISEGNO FATTORIALE PIENO E FRAZIONATO

- Si distingue il caso si voglia valutare solo l'effetto principale di ciascun attributo, considerato indipendente (vale il principio di sovrapposizione degli effetti)
 - o l'effetto combinato dovuto all' **interazione degli attributi**
- Se α è il numero di attributi ed n il numero di livelli che ciascun attributo può assumere, si ha un disegno fattoriale n^α
- Se per esempio abbiamo 3 attributi e ciascuno assume due livelli abbiamo $2^3 = 8$ alternative

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

Ciascun attributo presenta 4 volte il livello buono e 4 volte quello scarso

Disegno fattoriale **completo** con 3 attributi e 2 livelli

1 buono

-1 scarso



alt	Tariffa	Tempo viaggio	Frequenza
1	Bassa	Veloce	Poco Frequente
2	Bassa	Veloce	Frequente
3	Bassa	Lento	Poco Frequente
4	Bassa	Lento	Frequente
5	Alta	Veloce	Poco Frequente
6	Alta	Veloce	Frequente
7	Alta	Lento	Poco Frequente
8	Alta	Lento	Frequente

alt	Attributo 1	Attributo 2	Attributo 3
1	1	1	-1
2	1	1	1
3	1	-1	-1
4	1	-1	1
5	-1	1	-1
6	-1	1	1
7	-1	-1	-1
8	-1	-1	1

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

Disegno fattoriale **completo** con 3 attributi e 2 livelli

alt	tariffa	Tempo viaggio	Frequenza	alt	Tariffa (€)	Tempo viaggio (min)	Frequenza (bus/h)
1	Bassa	Veloce	Poco Frequente	1	1.0	18	2
2	Bassa	Veloce	Frequente	2	1.0	18	4
3	Bassa	Lento	Poco Frequente	3	1.0	25	2
4	Bassa	Lento	Frequente	4	1.0	25	4
5	Alta	Veloce	Poco Frequente	5	1.5	18	2
6	Alta	Veloce	Frequente	6	1.5	18	4
7	Alta	Lento	Poco Frequente	7	1.5	25	2
8	Alta	Lento	Frequente	8	1.5	25	4

DISEGNO DEGLI ESPERIMENTI

Disegno fattoriale **frazionato**

- Se desiderassimo portare a 3 i livelli per tempo di viaggio e frequenza, il numero di alternative diventa $3^2 \cdot 2^1 = 18$
- L'intervistato risulterebbe affaticato da troppe alternative
- Conviene ricorrere ad un piano fattoriale frazionato
- Si tenga conto che le persone riescono a fornire risposte affidabili se le alternative non differiscono per più di tre fattori
- Un disegno fattoriale con 5 attributi di cui 2 con due livelli e 3 con 3
 - $2^2 \cdot 3^3 = 108$ alternative per disegno fattoriale completo
 - 81 per considerare effetti principali e interazioni tra coppie di attributi
 - 27 per effetti principali e interazioni di 1 attributo con tutti gli altri
 - 16 se non si considera nessuna interazione, solo effetti principali

CORRELAZIONE TRA GLI ATTRIBUTI

- Alternative: 1 bus; 2 treno
- Funzione di utilità $V_i = \beta_t t_i + \beta_c C_i$
- $V_1 = \beta_t t_1 + \beta_c C_1$
- $V_2 = \beta_t t_2 + \beta_c C_2$
- $V_1 - V_2 = \beta_t(t_1 - t_2) + \beta_c(C_1 - C_2) = 0$, condizione di indifferenza
- $\frac{\beta_t}{\beta_c} = \frac{(C_2 - C_1)}{(t_1 - t_2)}$ **valore del tempo**
- cioè valore limite dell'attributo del tempo espresso in termini di costo
- Per gli individui con valore del tempo $> \frac{\beta_t}{\beta_c}$, sarà preferibile l'alternativa di costo maggiore e viceversa

ESEMPIO INDAGINE SP PALERMO per introduzione sistema DRT

Indagine RP (Revealed Preferences)

Indagine SP (Stated Preferences)

Questionario

Nome dell'intervistatore: _____ Data: _____

Introduzione al questionario: "Sono _____ studente/dottorando dell'Università degli Studi di Palermo. Stiamo conducendo un'importante campagna di interviste al fine di migliorare le condizioni di mobilità nei quartieri di Partanna, Mondello e Tommaso Natale e conoscere la propensione dei residenti all'utilizzo di un nuovo servizio di mobilità, che le descriverò nel corso dell'intervista".

Sezione 1 - Caratteristiche socio-economiche

1 Sesso ☐ M ☐ F	2 Qual è la sua età? ☐ 15-29 ☐ 30-44 ☐ 45-59 ☐ 60-79 ☐ 80 o più	3 Quante persone vivono nella sua famiglia? ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 o più	4 Quante auto possedete in famiglia? ☐ Nessuna ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 o più
5 Possiede la patente di guida? ☐ Sì ☐ No	6 Ha la possibilità di usare una delle auto possedute in famiglia? ☐ Sì ☐ No	7 Possiede un abbonamento a car sharing o bike sharing? ☐ Sì ☐ No	8 Possiede un abbonamento al trasporto pubblico (bus e/o metro)? ☐ Sì ☐ No
9 Qual è la sua attuale occupazione? ☐ Lavoratore dipendente ☐ Lavoratore autonomo ☐ Disoccupato/a ☐ Casalingo/a	10 Qual è attualmente il suo titolo di studio? ☐ Licenza elementare ☐ Diploma di scuola media inferiore ☐ Diploma di scuola media superiore ☐ Laurea ☐ Titolo post-laurea	11 Possiede o usa altri mezzi di trasporto (bici, moto, monopattino, taxi)? ☐ Sì: specificare quali _____ ☐ No	

Sezione 2 - Abitudini di mobilità

Adesso siamo pronti per iniziare a parlare di mobilità. Pensi ai luoghi in cui è stato/a ieri e agli spostamenti che ha effettuato per raggiungerli.

11 Quanti spostamenti ha effettuato ieri? Per spostamento si intende un viaggio da o verso una destinazione circoscritta (casa, ufficio, scuola, supermercato, palestra, medico, ecc.). Numero di spostamenti: _____ Se più di 5 dire "Ti chiederemo solo dei primi 5 spostamenti!"	12 Spostamento Origine Mezzo Motivo Destinazione Mezzo AC: Auto come conducente AP: Auto come passeggero M: Moto P: Piedi T: TPA (bus/treno) V: Altro specificare: Motivi 1: Lavoro 7: Portare/prendere i figli a scuola 2: Studio 8: Ritorno a casa 3: Shopping 9: Altro specificare: 4: Visita medica 5: Visita a parenti e amici
---	--

Sezione 3 - Scenari

Tipo 1

La finalità dell'intervista è quella di comprendere se si possa introdurre un nuovo servizio di mobilità nelle zone di Tommaso Natale, Partanna e Mondello. La proposta è quella di sostituire gli autobus attualmente circolanti in questi quartieri con un servizio simile, ma a chiamata, chiamato DRT: per accedervi lei dovrà prenotare tramite app per smartphone o call center e concordare luogo e orario di partenza e luogo di destinazione. Questi mezzi permetteranno un idoneo collegamento con linee regolari e/o ad alta frequenza per il raggiungimento di destinazioni lontane.

Ora le sottoporro quattro diversi scenari. Per ogni scenario, dovrà scegliere la modalità di trasporto che più preferisce sulla base delle caratteristiche riportate per ogni modalità.

	Piedi	Moto	Auto	DRT
SCENARIO 1				
Tempo di percorrenza	30'	5'	10'	10'
Tempo di attesa				10'
Tempo di accesso				10'
Tempo di parcheggio			10'	
Tempo complessivo	30'	5'	20'	30'
Trasbordi				NO
Costo del DRT				2,50 €
Costo del carburante		0,25 €	0,50 €	3 €
Costo complessivo		0,25 €	3,50 €	2,50 €
Quale mezzo sceglie?	☐	☐	☐	☐
☐ Nessuno di questi Allora quale? _____				
SCENARIO 2				
Tempo di percorrenza	15'	2,5'	5'	5'
Tempo di attesa				5'
Tempo di accesso				5'
Tempo di parcheggio			5'	
Tempo complessivo	15'	2,5'	10'	15'
Trasbordi				NO
Costo del DRT				1,50 €
Costo del carburante		0,25 €	0,50 €	3 €
Costo complessivo		0,25 €	0,50 €	1,50 €
Quale mezzo sceglie?	☐	☐	☐	☐
☐ Nessuno di questi Allora quale? _____				
SCENARIO 3				
Tempo di percorrenza	15'	2,5'	5'	5'
Tempo di attesa				5'
Tempo di accesso				5'
Tempo di parcheggio			10'	
Tempo complessivo	15'	2,5'	15'	15'
Trasbordi				NO
Costo del DRT				1,50 €
Costo del carburante		0,25 €	0,50 €	3 €
Costo complessivo		0,25 €	0,50 €	1,50 €
Quale mezzo sceglie?	☐	☐	☐	☐
☐ Nessuno di questi Allora quale? _____				
SCENARIO 4				
Tempo di percorrenza	30'	5'	10'	10'
Tempo di attesa				10'
Tempo di accesso				10'
Tempo di parcheggio			5'	
Tempo complessivo	30'	5'	15'	30'
Trasbordi				NO
Costo del DRT				2,50 €
Costo del carburante		0,25 €	0,50 €	3 €
Costo complessivo		0,25 €	3,50 €	2,50 €
Quale mezzo sceglie?	☐	☐	☐	☐
☐ Nessuno di questi Allora quale? _____				

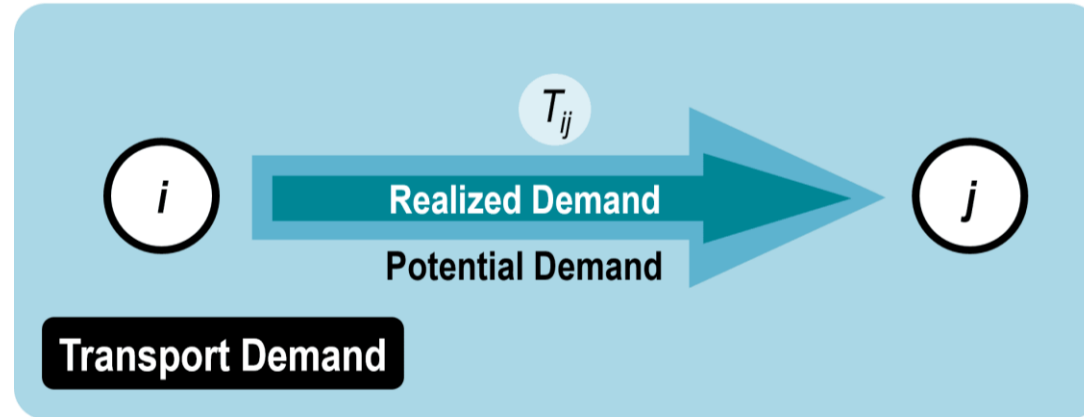
	attributi							
	tempo percorr.	tempo attesa	tempo accesso	tempo parcheggio	costo drt	costo carbur.	costo parcheggio	
livelli								
1	30	10	10	10	2.5	0.25	3	
2	5	5	5	5	1.5	0.5	0	
3	10							
4	15							
5	2.5							
num livelli	5	2	2	2	2	2	2	320

320 profili (scenari)
80 questionari (320/4)

PER APPROFONDIMENTI INDAGINI SP

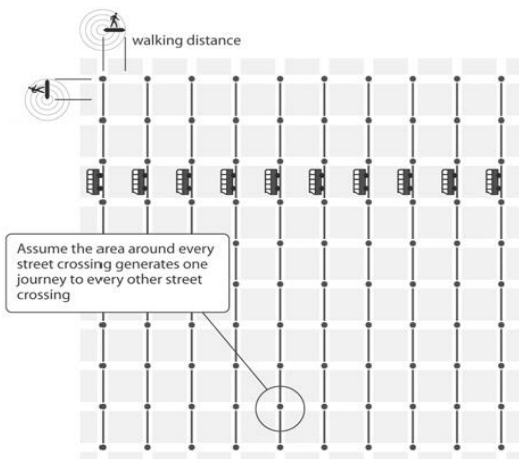
- Hensher D.A., Louviere J.J. e Swait J., (1999), “Combining sources of preference data”, *Journal of Econometrics*, 89(1/2), 197-221.
- Louviere J.J., Hensher D.A. e Swait J.D., (2000), “Stated Choice Methods. Analysis and Application”, Cambridge University Press, Cambridge.
- Mas-Colell A., Whinston M.D. e Green J.R., (1995), “Microeconomic Theory”, Oxford University Press, New York.
- Lancaster K., (1966), “A new approach to consumer theory”, *Journal of Political Economy*, 74(2), pp. 132-157.
- Ben-Akiva M. e Lerman S.R., (1985), “Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand”, MIT Press, Cambridge.
- Thurstone L., (1927), “A law of comparative judgment”, *Psychological Review*, 34, pp. 273-286.
- Manski C., (1973), “The Analysis of quantitative choice”, Ph.D dissertation, Department of Economics, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- McFadden D., (1974), “Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour”, in Zarembka P. (editor), “Frontiers in Econometrics”, Academic Press, New York, pp. 105-142.
- Payne J.W., Bettman J.R. e Johnson E.J., (1993), “The adaptive decision maker”, Cambridge University Press, New York.
- Swait J., (2001), “A Non-compensatory Choice Model Incorporating Attribute Cutoffs”, *Transportation Research B*, 35(10), pp. 903-928.
- Rose J.M. e Bliemer M.C.J., (2004), “The design of stated choice experiments: the state of practice and future challenges”, Working Paper, Institute of Transport Studies, University of Sidney.
- Huber J. e Zwerina K., (1996), “The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs”, *Journal of Marketing Research*, 33(3), pp. 307-317.

CALCOLO DELLA DOMANDA POTENZIALE CON METODI SEMPLIFICATI



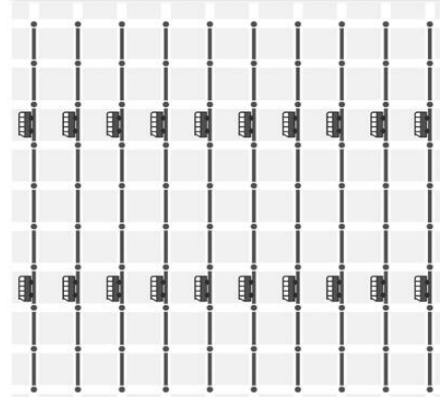
INFLUENZA DELLA FREQUENZA DEL SERVIZIO SULLA DOMANDA POTENZIALE

“Squaresville” con dieci linee di bus in direzione nord-sud



Ogni intersezione genera uno spostamento al giorno verso ogni altra intersezione, (9900 spost.).
La potenzialità delle dieci linee bus è servire 900 spost. (circa 10%)
Se lo shift modale del bus è 1/3, gli spost. su bus sono 300 (3% del totale)

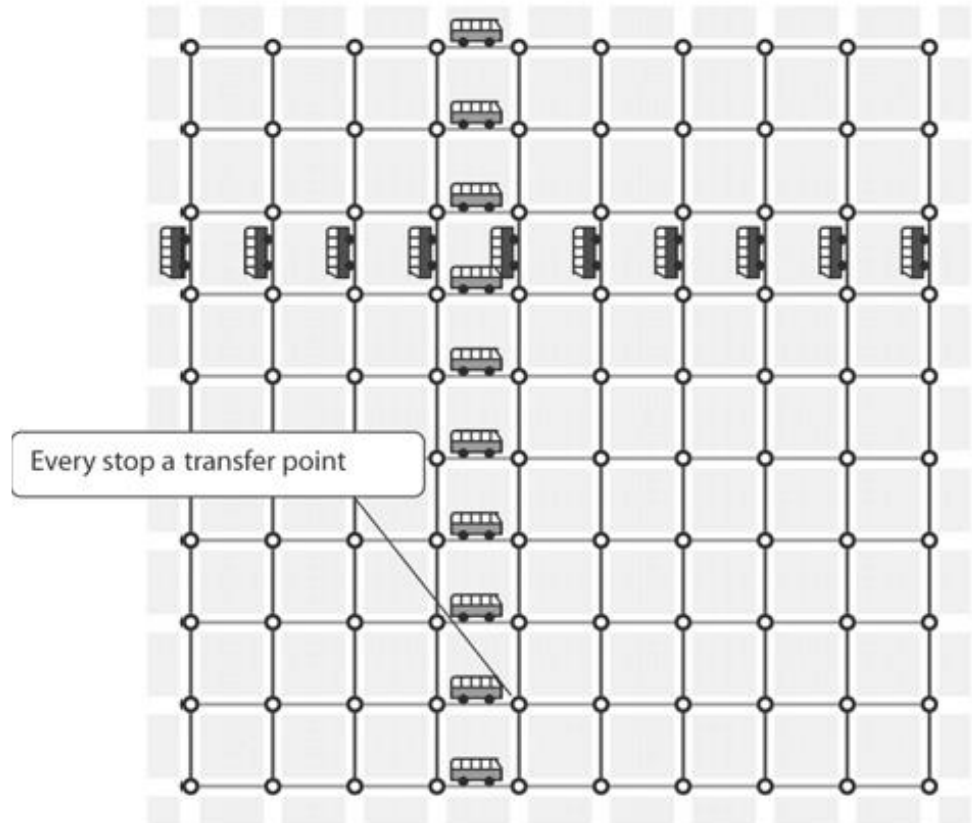
“Squaresville” con dieci linee di bus in direzione nord-sud e frequenza raddoppiata su tutte le linee



Raddoppiando la frequenza delle linee abbiamo un aumento di 450 spostamenti
Ripartizione modale 1/2 (per l'aumento della frequenza)
Costi di esercizio +100%
Ricavi da traffico +50%

INFLUENZA DELLA FREQUENZA DEL SERVIZIO SULLA DOMANDA POTENZIALE

- La rete acquista la capacità di servire tutti i 9900 spostamenti, di cui 1800 direttamente (900 nord-sud e 900 est-ovest) e 8100 con un solo trasbordo.
- Se ipotizziamo che la quota di spostamenti su mezzo pubblico con trasbordo si dimezza ($1/6$) rispetto a quella con collegamenti diretti, la domanda complessivamente servita diventa $(1800/3 + 8100/6)$ pari a 1950 e la ripartizione modale passa dal 3% al 20%.
- Questo caso teorico fornisce un'elasticità della domanda alla frequenza di 5.5, invece che di 0.5



DOMANDA POTENZIALE CON SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI (GIS)





Grazie per la vostra
attenzione

Giuseppe Inturri
giuseppe.inturri@unict.it