

Congestione e incentivi nell'era delle flotte a guida autonoma

Federico Boffa

Libera Università di Bolzano

Convegno ART

"Mobilità, infrastrutture trasportistiche e digitalizzazione: quali sfide per la regolazione"

3 ottobre 2024



Sommario

- **Le auto autonome: l'economia e il disegno di mercato.**
- Auto autonome e flotte.
- La struttura di mercato nel mercato delle flotte.
- Eterogeneità dei consumatori e mercato delle flotte.
- La tassazione nel mercato delle flotte.

Il progetto PRIN

- Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale, finanziato dal MUR "Autonomous vehicles and new technologies in transport: market design and legal issues".
 - ▶ Progetto multidisciplinare economico e giuridico (3 unità di ricerca: Roma Tor Vergata - prof. Iozzi; Trento - prof. Bellantuono; Bolzano - prof. Boffa).
- Analisi economica nel progetto basata su tre pilastri:
 - ▶ teorico;
 - ▶ empirico;
 - ▶ sperimentale.
- Questa presentazione si concentra sui risultati teorici.

Le auto autonome

- Auto autonome: guidate da un software che non richiede intervento umano.
- Già operative in diverse parti del mondo, in particolare Stati Uniti e Cina.
- Possono essere auto private, ma anche (specialmente nei centri urbani) auto di flotta:
 - ▶ robotaxi già operativi in particolare negli Stati Uniti e in Cina:
 - ▶ Waymo (Alphabet): più di 100 mila corse alla settimana nei mercati di Los Angeles, San Francisco e Phoenix;
 - ▶ Cruise (GM) ha numeri più bassi ma offrirà dal 2025 i propri robotaxis in partnership con Uber;
 - ▶ Baidu opera più di 1000 veicoli autonomi in Cina (in costante aumento);
 - ▶ Tesla ha progetti di robotaxi (si prevede verranno annunciati in questo mese di ottobre).
- Aspetti tecnologici, legali e morali molto rilevanti (Awad et al. 2018).
- Gli aspetti economici sono però altrettanto importanti e spesso sottovalutati.



ROBOTAXI

THE END OF THE STEERING WHEEL?



Innovazione tecnologica, conseguenze economiche e mercato

- Tecnologia:

- ▶ auto autonome consentono di risparmiare sui costi del lavoro dei servizi di "ride hailing";
- ▶ utilizzo diffuso di GPS e software di navigazione consentono informazioni affidabili in tempo reale sui flussi di traffico.

- Economia:

- ▶ investimento in auto private destinato a ridursi e mobilità destinata a essere garantita da veicoli "di flotta", più economici e con un più elevato tasso di utilizzo, specialmente nelle aree urbane.

- Mercato della mobilità urbana:

- ▶ possibilità per ogni veicolo di modificare i propri piani di viaggio a seconda delle scelte degli altri veicoli;
- ▶ coordinamento e centralizzazione delle decisioni di traffico assicurato dalle flotte potrebbe avere impatto sul benessere dei consumatori e sull'efficienza allocativa;
- ▶ ma dipende da come è organizzato il mercato: questione di market design e di regolazione!

Congestione e auto autonome

- Coordinamento, centralizzazione del traffico e flotte possono avere impatto sulla congestione.
- La congestione é un fenomeno con conseguenze economiche significative (costi di congestione > 100 miliardi \$ all'anno negli Stati Uniti).
- Destinata a persistere anche con l'arrivo delle auto autonome:
 - ▶ uso più razionale delle infrastrutture → maggiore capacità delle strade → minore congestione;
 - ▶ i viaggiatori possono fare altro mentre sono in auto → minori costi della congestione per gli individui, a parità di livello di congestione;
 - ▶ domanda di trasporto indotta → maggiore congestione.

Esternalità di congestione e flotte

- Quando i veicoli *non* sono parte di flotte, emerge un'esternalità (detta esternalità di congestione): un guidatore che guida su una strada congestionata contribuisce a aumentare la congestione:
 - ▶ ciò non influenza solo il guidatore in questione, ma anche gli altri guidatori;
 - ▶ i guidatori individuali (non parte di flotte) non considerano il costo aggiuntivo generato dalla loro decisione di guidare in ore/luoghi congestionati sugli altri guidatori.
- Quando i veicoli autonomi sono organizzati in flotte e gestiti centralmente:
 - ▶ ogni flotta che gestisce un insieme di veicoli ha incentivo a considerare l'impatto delle scelte di un veicolo sui costi di congestione per gli altri veicoli di flotta;
 - ▶ a seconda della struttura del mercato delle flotte, possono esservi incentivi a internalizzare (almeno parzialmente) le esternalità di congestione.

Questioni di disegno di mercato/regolazione (esempi)

- E' più efficiente un mercato delle flotte monopolistico o un mercato competitivo?
- Qual é l'effetto di benessere se una flotta offra diversi livelli di qualità (velocità del viaggio) a prezzi diversi?
- Come organizzare la coesistenza fra veicoli autonomi di flotta e veicoli tradizionali nella fase di transizione, anche in termini di allocazione dello spazio?
- Quale ruolo per il trasporto pubblico?
- Quale tipologia di tassazione utilizzare in questi mercati?

Sommario

- Le auto autonome: l'economia e il disegno di mercato.
- Auto autonome e flotte.
- **La struttura di mercato nel mercato delle flotte.**
- Eterogeneità dei consumatori e mercato delle flotte.
- La tassazione nel mercato delle flotte.

Ingredienti del modello

- Boffa, Iozzi, Ceesay ("Fleets, Congestion and Consumers' Choice in Urban Transport")
- Modello teorico applicato per analizzare la struttura di mercato ottimale (monopolio o concorrenza) nel mercato delle flotte:
 - ▶ in un contesto di transizione, nel quale le flotte coesistono con i veicoli privati;
 - ▶ con la potenziale presenza di trasporto pubblico.
- Analizziamo il trade-off fra:
 - ▶ benefici (per l'efficienza e per il consumatore) del monopolio nel mercato delle flotte, che consente di internalizzare le esternalità di congestione, di fatto riducendo la quantità di veicoli immessi su strada;
 - ▶ benefici (per l'efficienza e per il consumatore) della concorrenza, tradizionalmente legati ai prezzi più bassi e tendenzialmente pari al costo marginale.

Risultati principali

- In quali contesti é più efficiente un mercato monopolistico (che internalizza l'esternalità), e in quali é invece più efficiente un mercato concorrenziale (che pone i prezzi pari ai costi)?
- Mostriamo che il risultato dipende, tra l'altro, dal costo di possedere un'auto privata e dalla presenza o dall'assenza di trasporto pubblico.
- Se il costo di un'auto privata é basso e/o il trasporto pubblico é assente, la concorrenza é preferibile al monopolio:
 - ▶ il monopolio nel mercato delle flotte distorce semplicemente la scelta fra auto privata e auto di flotta (riducendo queste ultime), in modo inefficiente.
- Se il costo di un'auto privata é alto e il trasporto pubblico é presente ed efficace, il monopolio é preferibile alla concorrenza:
 - ▶ internalizzazione piena dell'esternalità, e numero ottimale di auto in circolazione;
 - ▶ ricorso ottimale ed efficiente al trasporto pubblico.

Sommario

- Le auto autonome: l'economia e il disegno di mercato.
- Auto autonome e flotte.
- La struttura di mercato nel mercato delle flotte.
- **Eterogeneità dei consumatori e mercato delle flotte.**
- La tassazione nel mercato delle flotte.

Ingredienti del modello

- Boffa, Fedele e Iozzi ("Congestion and Incentives in the Age of Driverless Fleets", Journal of Urban Economics, 2023)
- Modello teorico applicato per studiare l'impatto di benessere derivante dal confronto fra auto tradizionali e auto autonome.
 - ▶ auto autonome hanno la tecnologia per poter offrire livelli di qualità del prodotto diversi:
 - ▶ tragitto più veloce a un prezzo più alto oppure tragitto più lento a prezzo più basso.
- Tre ingredienti fondamentali:
 - ▶ dal punto di vista tecnologico, auto tradizionali vs auto autonome;
 - ▶ dal punto di vista economico, auto private vs auto di flotta (in questo caso una sola, cioè monopolistica);
 - ▶ eterogeneità fra i consumatori.

Eterogeneità fra i consumatori e sorting

- L'eterogeneità fra viaggiatori nella disutilità di congestione é notevole e riflette l'eterogeneità nel valore del tempo degli individui, oltre che del valore dell'affidabilità:
 - ▶ la differenza nel valore del tempo fra il 75mo e il 25mo percentile dei viaggiatori é stata stimata, nel 2015, pari a circa 10\$ l'ora, con la mediana circa a 21 \$;
 - ▶ in presenza di viaggiatori eterogenei, la riduzione dei costi di congestione aggregati (e la massimizzazione del benessere) richiede di agire anche sull'allocazione ottimale (*sorting*) dei viaggiatori.
- Il costo totale della congestione non é determinato solo dall'ammontare della congestione, ma anche dal costo che la sostiene chi la subisce!

Eterogeneità fra i consumatori e sorting II

- Stime empiriche e calibrazioni mostrano che circa la metà della disutilità media di congestione può essere abbattuta tramite un'allocazione efficiente dei viaggiatori, senza aumenti nella capacità dell'infrastruttura, e a parità di veicoli complessivamente in circolazione:
 - ▶ i veicoli autonomi e le innovazioni nella tecnologia di trasporto sono in grado di ridurre significativamente il costo del *sorting*.
- Il nostro modello teorico permette entrambi i margini per ridurre i costi di congestione:
 - ▶ razionamento, cioè riduzione del numero di veicoli in circolazione;
 - ▶ *sorting*.

Le ipotesi e il framework

- Viaggiatori eterogenei con diverso valore del tempo (= diversa disponibilità a pagare per il viaggio) e diverso costo della congestione:
 - ▶ relazione positiva tra reddito e valore del tempo: chi ha disponibilità a pagare maggiore, a parità di congestione, soffre di un costo di congestione più alto.
- Origine A e destinazione B connesse da una strada con due corsie segregate e potenzialmente congestionate.
- Viaggiatori usano veicoli - tradizionali o autonomi - per andare da A a B.
- Corsie a priori identiche e a posteriori diverse in termini di congestione e prezzo e/o tasse pagate in ciascuna di esse.
- Ogni viaggiatore sceglie:
 - ▶ se viaggiare o no;
 - ▶ se viaggia, in che corsia farlo.

Ottimo sociale

- Partizione in tre gruppi.
- ① Viaggiatori con valore del tempo e del viaggio alto viaggiano nella corsia più veloce, con meno congestione:
in quanto per costoro il livello di congestione influisce molto sulla loro utilità.
- ② Viaggiatori con valore del tempo e del viaggio intermedio viaggiano nella corsia più lenta, con più congestione:
in quanto il livello di congestione influisce relativamente poco sulla loro utilità.
- ③ Viaggiatori con valore del tempo e del viaggio basso non viaggiano:
l'utilità che essi trarrebbero dal viaggiare é inferiore rispetto al costo di congestione che genererebbero per gli altri viaggiatori.
- All'ottimo sociale, le due corsie hanno un livello di congestione diverso.

Equilibrio con veicoli tradizionali

- Impossibilità di differenziare le corsie per ragioni tecnologiche, sia in presenza di veicoli privati, sia in presenza di veicoli di flotta.
- Distribuzione uniforme fra le due corsie.
- Distorsione rispetto all'ottimo: non c'è differenziazione fra le corsie.

Veicoli autonomi - poche auto di flotta

- Possibilità tecnologica del *sorting* da parte delle auto di flotta.
- Equilibrio dipende dalla quota relativa di viaggiatori con l'auto privata rispetto all'auto di flotta.
- Se la quota di viaggiatori con auto privata é alta (poche auto di flotta), l'equilibrio é analogo a quello con veicoli tradizionali.
- I viaggiatori si distribuiscono uniformemente sulle due corsie.
 - ▶ ogni tentativo della flotta di avere corsie con diverso livello di congestione viene vanificato dalla decisione delle auto private di usare la corsia più veloce, uguagliando così il livello di congestione fra le corsie.
- Il livello di congestione fra le corsie non é differenziato:
 - ▶ distorsione rispetto all'ottimo.

Veicoli autonomi - molte auto di flotta

- Se la quota di viaggiatori che usa auto di flotta é alta, l'impresa che gestisce le flotte differenzia il livello di congestione fra le corsie.
- L'equilibrio ha due caratteristiche.
- ① Differenziazione eccessiva rispetto all'ottimo sociale (sovradifferenziazione): corsia veloce troppo veloce, cioè con troppi pochi veicoli e livello di congestione troppo basso rispetto all'ottimo, corsia lenta troppo lenta, cioè troppo affollata e con livello di congestione troppo elevato rispetto all'ottimo: questo effetto riduce sempre il benessere rispetto alla situazione di no differenziazione con veicoli tradizionali.
- ② Sotto alcune condizioni di domanda, razionamento di alcuni viaggiatori, che non possono viaggiare: può aumentare il benessere rispetto all'ambiente di veicoli tradizionali.

Sommario

- Le auto autonome: l'economia e il disegno di mercato.
- Auto autonome e flotte.
- La struttura di mercato nel mercato delle flotte.
- Eterogeneità dei consumatori e mercato delle flotte.
- **La tassazione nel mercato delle flotte.**

Congestion charge?

- Il congestion charge é una tassa sui viaggiatori pari all'esternalità che il viaggio causa agli altri viaggiatori.
- Efficace nel caso di auto private.
- Ma non nel caso di auto di flotta, che già internalizzano l'esternalità di congestione!
 - ▶ Le recenti introduzioni di congestion charges in alcune città statunitensi per le auto di flotta, specialmente autonome, non sono efficienti!
- Deriviamo la tassazione ottimale per le auto di flotta nel nostro contesto.
 - ▶ In assenza di compensazione, le tasse danneggiano i viaggiatori con un basso livello di valore del tempo/viaggio:
- Come spesso accade nel caso della tassazione nel settore del trasporto, problemi di political economy legati all'implementazione.

Conclusioni

- L'avanzamento tecnologico nel settore della mobilità richiede di ripensare alla regolazione.
- La centralizzazione della mobilità con il ruolo accresciuto dei servizi di flotta pone dei problemi di *market design* nel mercato delle flotte e della mobilità urbana
 - ▶ non diversamente da quanto accaduto, ad esempio, nei mercati elettrici liberalizzati a fine anni Novanta.
- Spesso possono essere le regole di dettaglio che disciplinano l'organizzazione del mercato della mobilità e delle flotte a fare la differenza dal punto di vista dell'efficienza e del benessere dei consumatori.
- L'economia industriale e l'analisi della struttura di mercato e degli incentivi possono aiutare!

GRAZIE
federico.boffa@unibz.it