

## **Il contributo dei servizi di monopattini elettrici alla resilienza del trasporto urbano**

**Angela Stefania Bergantino<sup>1\*</sup>§, Alessandro Gardelli<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> *Dipartimento di Economia, Management e Diritto dell'impresa, Università di Bari Aldo Moro*

Le reti di trasporto urbane sono costantemente esposte a shock che potrebbero avere un impatto negativo sui servizi operativi. La letteratura empirica ha dimostrato che eventi meteorologici estremi, scioperi o malfunzionamenti operativi, tra gli altri, diminuiscono in maniera significativa il livello di performance delle reti di trasporto. Affinché siano meglio preparate a resistere e ad assorbire gli effetti negativi di simili eventi, azioni di mitigazione e piani di resilienza sono spesso suggeriti come strumenti di policy. La ridondanza, che è un attributo specifico della resilienza, promuove, secondo la letteratura empirica, la robustezza delle reti di trasporto. Essa viene intesa infatti come la capacità addizionale che la rete offre ad utenti ed operatori in caso di disservizio, sia in termini infrastrutturali (se un collegamento viene interrotto, posso utilizzarne un altro) che di servizio (l'aumento d'utilizzo di un mezzo alternativo a quello momentaneamente non disponibile). Quest'ultima forma di ridondanza, la ridondanza fra mezzi, è particolarmente rilevante nel contesto urbano, dove si possono creare e sfruttare sinergie tra diverse modalità di trasporto.

Per quanto riguarda i servizi di trasporto pubblico e la micromobilità, il dibattito sulla loro coesistenza e regolazione è in continua espansione. Inoltre, esiste una crescente letteratura che studia se la micromobilità, in rispetto al trasporto pubblico, è complementaria o concorrente. Concentrandosi sui servizi in sharing di monopattini elettrici, essi sono considerati, con poche eccezioni, come complementari al trasporto pubblico. In questo paper studiamo il ruolo dei servizi di monopattini elettrici nel supportare la resilienza del trasporto urbano quando il trasporto pubblico è in uno stato di disservizio. Quando si studia la ridondanza tra micromobilità e trasporto pubblico, la letteratura suggerisce l'utilizzo di una funzione di decadimento all'aumentare della distanza per testare la presenza di pattern spaziali di resilienza. Nello specifico, è stato dimostrato che all'aumentare della distanza dalle fermate del trasporto pubblico diminuisce l'effetto ridondanza della micromobilità.

Per studiare la contribuzione spaziale dei monopattini elettrici alla resilienza del trasporto urbano, seguendo il lavoro di Bergantino and Gardelli (2023), abbiamo utilizzato dati in serie storica dei viaggi in monopattino elettrico in sharing nella città di Torino da ottobre 2021 a novembre 2022. Nello stesso periodo, abbiamo identificato 7 scioperi del trasporto pubblico urbano. È stata utilizzata una regressione negativa binomiale (NB) per studiare l'effetto che gli scioperi hanno avuto sulla frequenza dei viaggi in monopattino. In aggiunta, l'effetto sulla lunghezza media dei viaggi è stato studiato

---

\* Corresponding authors: [angelastefania.bergantino@uniba.it](mailto:angelastefania.bergantino@uniba.it) and [alessandro.gardelli@uniba.it](mailto:alessandro.gardelli@uniba.it).

§ The research is the output of PNRR Project GRINS - Growing Resilient, INclusive and Sustainable (ID code MUR: PE00000018 – CUP: H93C22000650001) – Spoke 7 «Territorial sustainability».

attraverso un modello di minimi quadrati con variabili dummy (LSDV). La presenza di pattern spaziali, sia per la frequenza che per la lunghezza, è stata testata tramite l'utilizzo di diverse zone buffer a partire dalle fermate del trasporto pubblico.

Il tipo di evento che abbiamo utilizzato sono 7 scioperi, che hanno una finestra oraria (ad esempio dalle 18 alle 22) e di cui disponiamo i dati sulla partecipazione media degli autisti (che è costante nelle ore). Gli eventi di sciopero sono spesso utilizzati nella letteratura dell'economia dei trasporti (Adler & van Ommeren, 2016; Russo et al., 2021; Saberi et al. 2018, Spyropoulou, 2020; Tsapakis et al., 2012; Yang et al., 2022) per studiare specifiche dinamiche tra diverse modalità di trasporto. Inoltre, gli scioperi sono esogeni e possono essere utilizzati come esperimenti naturali per stimare degli effetti causali senza correre il rischio di bias dovuto alla causalità inversa.

I dati sui viaggi in monopattino geo-referenziati sono stati processati rimuovendo gli outliers sulla base della distanza, della velocità e del tempo di percorrenza. Abbiamo testato le zone buffer con raggio di 50m, 100m, 200m e 300m. Utilizzando un raggio di 300m si osservano solo 12 viaggi al di fuori del buffer durante gli scioperi, perciò abbiamo deciso escluderlo. I viaggi, quindi, sono stati raggruppati e contati per ora, giorno, quartiere della città e all'interno e all'esterno delle zone buffer dalle fermate aventi raggio di 50m, 100m e 200m. Abbiamo utilizzato variabili meteorologiche (temperatura, pioggia e vento) come controllo.

Il nostro obiettivo è quello di studiare l'effetto degli scioperi sulla frequenza dei viaggi in monopattino e sulla loro lunghezza e testare se, all'interno delle zone buffer, l'effetto è più accentuato.

Dovendo modellizzare i conteggi abbiamo individuato alcune classi di modelli più indicate: modelli poisson, NB, zero-inflated o hurdle. Abbiamo testato sia dei modelli quasi-poisson sia dei modelli NB. Entrambi i modelli hanno dimostrato un buon fit sui valori osservati. Visto che non è possibile comparare buona parte dei test di fit tra i due modelli, abbiamo seguito l'approccio di Ver Hoef e Boveng (2007) che suggerisce di visualizzare a grafico la relazione varianza-su-media stimata dividendo le osservazioni in gruppi arbitrari e calcolando la media e varianza per gruppo. Seguendo questo approccio, il modello NB dimostra il miglior fit ed è quindi stato scelto.

Abbiamo stimato tre regressioni NB, una per ogni zona buffer (50m, 100m, 200m). Le variabili indipendenti sono:  $strike_t$  (una variabile dummy 0/1 per lo sciopero all'ora  $t$ ),  $inside_{buffer_{it}}$  (una dummy 0/1 che assume il valore 1 per i conteggi all'interno del buffer 50m/100m/200m e 0 altrimenti),  $time\ window_{in}$  (una variabile categorica che definisce se i conteggi sono di orari mattinieri, serali o notturni, con il pomeriggio come livello di riferimento). Abbiamo incluso dummy per giorno e per area per testare gli effetti fissi di ambo i tipi. Essendo una serie storica, abbiamo testato e rilevato autocorrelazione seriale sia tramite il Box test sia attraverso i grafici acf e acf parziale. Per trovare il lag ottimo, abbiamo stimato tramite OLS l'autoregressione del vettore in serie storica ed è risultato che il lag 13 è quello che minimizza l'AIC, quindi abbiamo scelto un lag di 2 settimane e, nello stile di Cheng et al. (2021), altri tre lag sono stati inclusi, quello di un'ora, di un giorno e di una settimana.

Abbiamo studiato se la dimensione geografica dei buffer è solo un effetto di interazione dividendo i conteggi nei sottoinsiemi all'interno e all'esterno delle zone buffer e stimando nuovamente i modelli per verificare la significatività dell'effetto sciopero sia al di fuori che all'interno dei buffer.

Infine, abbiamo voluto studiare l'effetto dello sciopero sulla lunghezza media dei viaggi. A tal fine abbiamo utilizzato un modello LSDV, con la lunghezza media (in metri) dei viaggi in monopattino elettrico raggruppati per ora, giorno, quartiere, all'interno e al di fuori dei buffer selezionati come variabile dipendente ( $y_{it}$ ). Tutti i controlli sono gli stessi di quelli utilizzati nella regressione per i conteggi. Anche in questo caso abbiamo testato la significatività dell'effetto sciopero per i sottoinsiemi all'interno e al di fuori del buffer.

In tutte e tre le regressioni NB lo sciopero, come effetto principale, è positivo e significativo. L'interazione tra sciopero e buffer è positiva e significativa fino a 100 metri, poi perde di significatività. Abbiamo testato se è solo un effetto interazione stimando regressioni separate per sottoinsiemi all'interno e al di fuori dei buffer. L'effetto sciopero è significativo per entrambi i sottoinsiemi, quindi concludiamo che l'effetto sciopero è solo un'interazione e non determina i confini geografici della significatività. Per quanto riguarda la lunghezza dei viaggi, anche in questo caso l'effetto principale è sempre significativo mentre l'interazione è significativa fino a 100 metri. Allo stesso modo, nelle regressioni per sottoinsieme l'effetto sciopero è positivo per entrambi i sottoinsiemi, definendo così l'effetto spaziale come effetto d'interazione. I risultati sono robusti a diversi test (utilizzo della partecipazione media degli autisti, ampliamento della finestra oraria di sciopero, rimozione delle osservazioni dei mesi lontani dagli scioperi).

Da questi risultati si possono formulare delle interessanti implicazioni di policy. Sebbene i monopattini siano generalmente considerati dei mezzi complementari al trasporto pubblico, essi possono avere un ruolo sostitutivo nel caso in cui il trasporto pubblico fosse interrotto. I monopattini contribuiscono alla resilienza generale del trasporto urbano supportando il trasporto pubblico quand'esso sia ridotto o fuori servizio. Introdurre e rafforzare i servizi di monopattini, e in generale la micromobilità, durante i disservizi del trasporto, seguendo un pattern spaziale di decadimento all'aumentare della distanza, può compensare parzialmente la perdita di utilità degli utenti del mezzo temporaneamente in disservizio. La presenza di una modalità alternativa è infatti in grado di supportare e dare ridondanza al mezzo ridotto o fuori uso. In particolare, gli amministratori locali e pianificatori possono considerare di aumentare la flotta di micromobilità e/o ridistribuirla geograficamente in anticipazione a disservizi di modalità alternative per meglio accomodare lo shock della domanda e compensare al meglio la disutilità degli utenti del servizio pubblico.

### References

- Adler, M. W., & van Ommeren, J. N. (2016).** Does public transit reduce car travel externalities? Quasi-natural experiments' evidence from transit strikes. *Journal of Urban Economics*, 92, 106-119.
- Bergantino A.S. & Gardelli A. (2023)** The contribution of e-scooters services to urban transport resilience, paper presente at the Nectar Cluster 4 Workshop Active Micro-Mobility Modeling Spatial Behaviour of Cyclist and Pedestrians. Lyon, 16<sup>th</sup>-17<sup>th</sup> March 2023.
- Cheng, L., Mi, Z., Coffman, D. M., Meng, J., Liu, D., & Chang, D. (2021).** The role of bike sharing in promoting transport resilience. *Networks and spatial economics*, 1-19.
- Russo, A., Adler, M. W., Liberini, F., & van Ommeren, J. N. (2021).** Welfare losses of road congestion: evidence from Rome. *Regional Science and Urban Economics*, 89, 103692.
- Saberi, M., Ghamami, M., Gu, Y., Shojaei, M. H. S., & Fishman, E. (2018).** Understanding the impacts of a public transit disruption on bicycle sharing mobility patterns: A case of Tube strike in London. *Journal of Transport Geography*, 66, 154-166.
- Spyropoulou, I. (2020).** Impact of public transport strikes on the road network: The case of Athens. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132, 651-665.
- Tsapakis, I., Turner, J., Cheng, T., Heydecker, B. G., Emmonds, A., & Bolbol, A. (2012).** Effects of tube strikes on journey times in transport network of London. *Transportation research record*, 2274(1), 84-92.
- Ver Hoef, J. M., & Boveng, P. L. (2007).** Quasi-Poisson vs. negative binomial regression: how should we model overdispersed count data?. *Ecology*, 88(11), 2766-2772.
- Yang, Y., Beecham, R., Heppenstall, A., Turner, A., & Comber, A. (2022).** Understanding the impacts of public transit disruptions on bikeshare schemes and cycling behaviours using spatiotemporal and graph-based analysis: A case study of four London Tube strikes. *Journal of Transport Geography*, 98, 103255.