

Valutazione della mobilità di persone usando GPS e opendata per convalidare caratteristiche di quartieri

Matilde Oliveti^(a), Stefan van der Spek^(a), Wilko Quak^(a)

^(a) Faculty of Architecture and the Built Environment, Delft University of Technology,
Julianalaan 134, 2628 BL Delft, the Netherlands

Abstract

Con l'aiuto di tecnologie come le tracce GPS, GIS e opendata è possibile ora studiare il modo in cui le persone viaggiano in un modo nuovo. Oggi, grandi dataset possono essere facilmente gestiti grazie a un database e meglio visualizzati utilizzando i GIS. Inoltre, la disponibilità di dati GPS, opendata e VGI rende accessibili molte informazioni nuove, che non erano disponibili prima d'ora. Questa ricerca riguarda l'analisi dei modelli di mobilità in diversi quartieri in tre città nei Paesi Bassi. Lo studio si basa sulla convalida delle prestazioni teoriche della mobilità di persone attraverso l'analisi di tracce GPS che misurano il movimento reale degli abitanti dei quartieri. Una serie di indicatori spaziali basati sulla prossimità, sulla densità e sull'accessibilità sono calcolati al fine di valutare le prestazioni teoriche dei quartieri. Le informazioni relative alle caratteristiche dei quartieri e alla rete infrastrutturale provengono da OpenStreetMap e da altri dataset olandesi. Dopo l'analisi, i quartieri sono classificati in cinque classi, secondo i diversi livelli di prestazioni in termini di mobilità sostenibile. In tal modo, è possibile comprendere meglio i fattori chiave che influenzano i modelli di viaggio effettivi delle persone, fornendo a politici e urbanisti informazioni accurate sul movimento reale delle persone.

1. Introduzione

Lo sviluppo urbano sostenibile è un tema prioritario nelle attività politiche e di ricerca in tutto il mondo. (Commissione Europea, 2007). Le forme di mobilità attuale in ambiente urbano non sono sostenibili. Oggigiorno sempre più persone utilizzano l'automobile per compiere spostamenti, producendo un elevato consumo di energia e di inquinamento atmosferico. Anche l'*urban sprawl* è in aumento, quindi si richiedono urgentemente nuove politiche e strategie per le nostre città (Gil, 2010).

Politici e urbanisti necessitano di comprendere, misurare e monitorare le dinamiche dei modelli contemporanei di mobilità. Descrivere le aree urbane utilizzando statistiche aggregate a livello di quartiere o città utilizzando caratteristiche generali non porta a una comprensione completa dei modelli di mobilità effettiva. Inoltre, gli sforzi e gli studi condotti in questo campo finora non sono coerenti (Gil, 2010) e spesso mancano attenzione ai particolari problemi di applicazione della conoscenza nella pianificazione spaziale (van der Spek et al., 2009).

Questo studio mira a contribuire al corpo di conoscenza esistente in studi di mobilità, aggiungendo una ricerca empirica sulla relazione tra la forma urbana

e i modelli di viaggio, utilizzando le nuove tecnologie e gli *opendata*. Infatti, l'avvento di nuove tecnologie e l'enorme crescita dell'ultimo decennio di dispositivi come i GPS (*Global Positioning System*) ci offrono la possibilità di studiare il comportamento dei viaggiatori in modo nuovo. I dati spaziali e temporali possono essere raccolti contemporaneamente e il modello di movimento reale delle persone può essere facilmente individuato. Questa ricerca si concentra su quartieri urbani nei Paesi Bassi. In particolare, 10 quartieri diversi sono stati analizzati in tre città diverse: Amersfoort, Zeewolde e Veenendaal.

2. Letteratura esistente

Per questo studio sono stati riesaminati oltre 25 pubblicazioni per analizzare i diversi modelli di valutazione e i criteri utilizzati per misurare i modelli di mobilità e le caratteristiche dei quartieri. I documenti analizzati provengono da diversi campi: geografia del trasporto, politica dei trasporti, modalità di viaggio per andare al lavoro o a scuola, scelta del luogo di residenza, accessibilità alle aree verdi, comportamenti di viaggio degli abitanti persone, ecc.

Sono stati sviluppati molti studi diversi per quanto riguarda il comportamento delle persone in termini di mobilità negli ultimi decenni. La maggior parte di essi è legata alla scienza psicologica e sociale e cerca di combinare i diari di viaggio con le statistiche socioeconomiche e demografiche (Beirão e Cabral, 2005, Jensen, 1999).

Non molte ricerche riguardanti i comportamenti di viaggio delle persone utilizzano le tracce GPS, poiché la maggior parte di essi tende a utilizzare metodi tradizionali, come i diari di viaggio cartacei e sondaggi telefonici. I dispositivi GPS sono principalmente utilizzati per l'orientamento, la navigazione e la comunicazione, ma in alcuni casi possono anche essere usati come "sensori" per il monitoraggio e per la misurazione delle attività delle persone. Rispetto alle indagini tradizionali, il GPS offre vantaggi evidenti, tra cui la capacità di raccogliere tutti i movimenti, tempi precisi, posizioni e percorsi e la possibilità di raccogliere più giorni di viaggio, con minimo impegno da parte dei soggetti coinvolti nel sondaggio (Wolf et al., 2014). Il GPS aggiunge un'importante dimensione temporale nel settore dell'*urban design*, incentrato principalmente sui modelli spaziali, fornendo un nuovo livello di conoscenza sui processi e sul movimento effettivo delle persone (van der Spek et al., 2009). In passato, diversi sforzi sono stati tentati dai governi per ridurre la mobilità con automobile. Per esempio, negli anni '90 il governo olandese ha introdotto la politica di Vinex con la speranza di influenzare il modo di viaggiare delle persone creando paesaggi urbani che invitassero gli abitanti a utilizzare mezzi di trasporto alternativi. Tuttavia, i risultati di questa politica non hanno avuto molto successo dato che oggi i nuovi distretti sviluppati sono ancora troppo orientati verso la mobilità automobilistica (Snellen e Hilbers, 2007). In questo studio abbiamo deciso di considerare come riferimento il cosiddetto modello di rete urbana multimodale introdotto da Gil e Read (2010), in cui sono state calcolate una serie di misure che caratterizzano le condizioni di mobilità delle aree urbane: vicinanza, densità e accessibilità.

3. Metodologia

Questa ricerca propone una nuova metodologia per analizzare e confrontare una serie di quartieri tenendo conto delle strutture e delle reti infrastrutturali, rispetto ai modelli di mobilità degli abitanti.

Al fine di descrivere le caratteristiche dell'ambiente costruito in ciascun quartiere, sono stati selezionati 17 indicatori basati su GIS e organizzati in tre gruppi (vicinanza, densità e accessibilità), seguendo la classificazione che Gil e Read (2010) hanno effettuato nel loro lavoro .

Gli indicatori di prossimità sono stati principalmente correlati a misure come la distanza dalla stazione ferroviaria più vicina, dalla fermata dell'autobus, dal supermercato, ecc. Gli indicatori di prestazioni di densità, invece, sono misure di intensità, come l'indice di uso del suolo, la densità di aree verdi, la densità degli edifici, ecc.; mentre gli indicatori di accessibilità sono relativi alla distanza media dalle attività e dai servizi, oppure alla percentuale di edifici presenti nelle vicinanze di una stazione ferroviaria. Per questa ricerca, le tracce GPS sono state ricavate da un precedente sondaggio GPS condotto nel 2012 (Bohte, 2010; Onderzoek verplaatsingsgedrag, 2015), dove oltre 800 famiglie sono state monitorate per una settimana in tre città dei Paesi Bassi. I dati grezzi consistevano di circa 40 milioni di punti GPS. Le ragioni legate alla scelta di questi quartieri sono state la coerenza dei dati dell'indagine GPS e la diversità delle tre città per dimensione, forma urbana e rete stradale.

Inoltre, è stato scelto OpenStreetMap (OSM), un database di mappe digitali del mondo costruito dagli utenti stessi (Volunteer Geographic Information), per recuperare informazioni sulle reti infrastrutturali. I dati OSM sono liberamente disponibili, hanno una copertura universale e un set di funzionalità ricco che copre tutti i mezzi di trasporto. Nel caso dei Paesi Bassi, rispetto ad altri dataset, OSM sembrava la scelta più appropriata in quanto offre una migliore precisione semantica e può avere un ottimo livello di completezza. In questo studio sono stati utilizzati anche altri dataset olandesi: BAG per gli indirizzi e i dati relativi agli edifici, BBG per l'uso del suolo e CBS per i dati sulla popolazione.

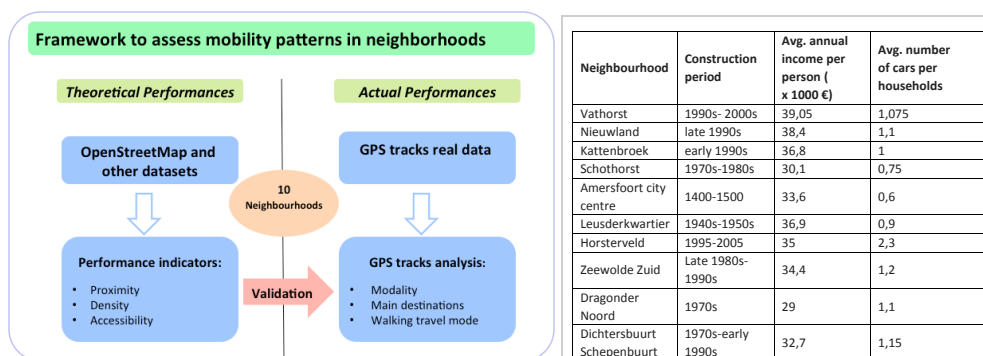


Figura 1 - Schema di metodologia e tabella delle caratteristiche dei quartieri

4. Processamento dati e analisi

Prima di poter calcolare gli indicatori di performance teorici, è stato necessario estrarre le informazioni relative alla rete infrastrutturale. L'accesso ai dati OSM è stato realizzato tramite il database PostgreSQL e alla fine sono state create tre

reti infrastrutturali differenti: automobilistica, ciclabile e pedonale. Gli indicatori di performance teorici sono stati calcolati utilizzando diversi strumenti e plugin in PostgreSQL e QGIS (ad esempio, grafo stradale, buffer, matrice di distanza, ecc.). Inoltre, per gli indicatori di accessibilità è stata utilizzata un'estensione PostgreSQL / PostGIS denominata PgRouting, che fornisce funzionalità di routing.

Tutti gli indicatori sono stati quantificati tenendo in considerazione diversi modi di trasporto (automobile, bicicletta e piedi) e utilizzando le diverse reti create tramite OSM.

Per gli indicatori di prossimità sono stati implementati due tipi di distanze: la distanza di rete, che misura la lunghezza della rete stradale più breve che collega un punto di partenza e una destinazione; e la distanza Euclidea, che consiste nella lunghezza in linea d'aria, che collega un'origine e una destinazione. La distanza di rete alla destinazione più vicina è stata calcolata utilizzando il plug-in Graph Road in QGIS.

Per quanto riguarda gli indicatori di densità, è stato utilizzato un indice di entropia dell'uso del suolo per quantificare l'uso omogeneo del suolo in una determinata area.

Infine, per calcolare gli indicatori di accessibilità, è stata utilizzata una funzione PgRouting denominata `pgr_drivingdistance` per interrogare il database e ottenere come output un attributo di costo per tutti i nodi della rete in base alla distanza da un certo luogo. Non è stata implementata solo la distanza di viaggio, ma anche il tempo di viaggio è stato preso in considerazione.

5. Validazione con tracce GPS

Dopo l'implementazione degli indicatori di performance teorici, il passo successivo è consistito nella convalida delle prestazioni teoriche utilizzando dati reali GPS.

Le tracce GPS utilizzate in questa ricerca erano già state pre-elaborate e classificate in un processo di validazione interpretazione effettuato in studi precedenti (Bohte, Maat e Quak, 2008). Nessun sforzo è stato fatto qui nella classificazione dei dati GPS e nella segmentazione dei viaggi, poiché non rientrava nell'ambito di questo studio. La quantità di dati è stata ridotta, selezionando solo le tracce GPS dei residenti all'interno dei quartieri oggetto d'indagine.

Le modalità di viaggio sono state studiate contando le tracce GPS per ogni modalità (auto, bicicletta, piedi). Filtrando le tracce in base al codice postale e al timestamp, sono state selezionate e analizzate solo le visite singole delle famiglie. In tal modo, le posizioni più visitate possono essere evidenziate su una mappa, mostrando le principali destinazioni delle famiglie per ogni quartiere, utilizzando una scala di colore per visualizzare le diverse intensità. Per poter confrontare i diversi indicatori e i risultati dell'analisi GPS, è stata necessaria una trasformazione delle variabili oggetto d'indagine. Il primo passo è consistito nella normalizzazione dei dati: i dati sono stati normalizzati usando il metodo z-score utilizzando il software SPSS. Il secondo passo è stato il clustering dei dati, cioè l'assemblaggio dei dati in classi. Sono stati testati diversi metodi di clustering, ma alla fine non sono state trovate grandi differenze e quindi è stato scelto il metodo di clusterizzazione di Natural

Breaks. Infine, è stato condotto un test di correlazione per vedere se in qualche modo gli indicatori e i risultati dell'analisi GPS fossero correlati. Esistono diversi metodi, ma la correlazione di Spearman è stata scelta in questo caso specifico in quanto vi erano solo 10 casi e la maggior parte delle variabili non erano normalmente distribuite.

Al fine di valutare le prestazioni complessive di ciascun quartiere, ad ogni gruppo di indicatori (prossimità, densità e accessibilità) è stato assegnato un punteggio compreso tra 1 e 5. Ogni punteggio rappresentava un livello diverso di prestazioni: basso, medio-basso, medio, medio-alto e alto. Il tutto poi è stato rappresentato attraverso uno Spider diagram.

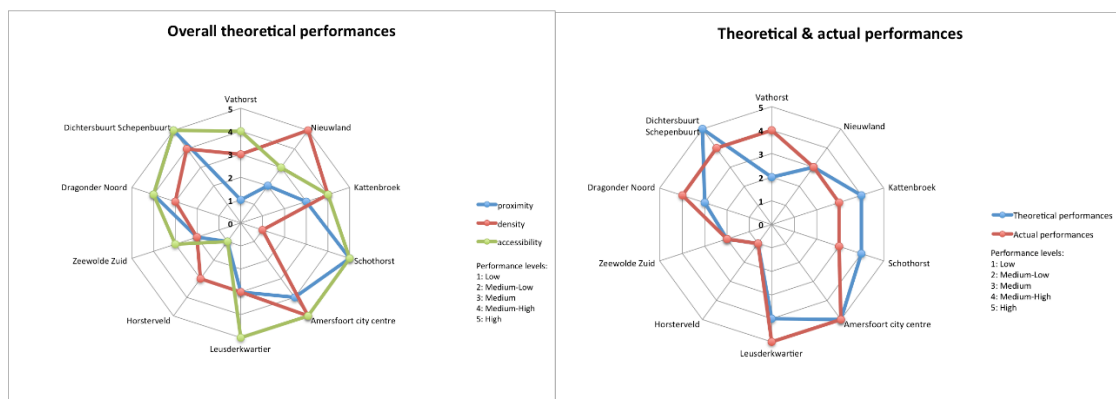


Figura 2 - Spider Diagram del confronto tra indicatori teorici e performance reali

6. Discussione e risultati

A seguito dell'analisi presentata nelle sezioni precedenti, abbiamo ottenuto diverse conclusioni e risultati interessanti.

Riguardo gli indicatori di performance teorici, il confronto tra la distanza di rete e quella euclidea è risultato fornire una buona indicazione di quanto sia efficiente la rete di infrastrutturale; tuttavia, questo funziona solo se si tiene conto di ciascun indicatore separatamente in quanto nessuna tendenza generale è stata trovata. Ad esempio nel quartiere di Nieuwland la rete sembra davvero efficace se si considera la distanza dalla scuola più vicina, ma è davvero inefficiente in caso di distanza dal supermercato più vicino. Queste differenze sono probabilmente legate alla struttura della rete estratta da OpenStreetMap e al tipo di strade selezionate.

Dall'analisi delle tracce GPS emerge che in Zeewolde, una piccola città isolata e senza stazione ferroviaria, i residenti sono più propensi a prendere l'auto per viaggiare: infatti il quartiere ha la più alta percentuale di viaggi con l'automobile (60 %). Al contrario, a Veenendaal abbiamo un'alta percentuale di viaggi in bicicletta (14-17%); mentre, come ci si attendeva, le persone che vivono nel centro storico di Amersfoort sono più propense a camminare (39%). Nella scelta di viaggiare in treno, la distanza dalla stazione ferroviaria svolge un ruolo importante. Infatti, nei quartieri dove non esiste una stazione ferroviaria, la percentuale di abitanti che utilizza il treno per gli spostamenti quotidiani è molto inferiore.

Considerando le principali destinazioni, sembra che le persone tendano a fare shopping nel proprio quartiere, nonostante il centro della città sia anche un

importante location per lo shopping per gli abitanti di ogni quartiere. Riguardo i viaggi in treno, la gente non sempre va a prendere il treno nella stazione ferroviaria più vicina. Stazioni centrali a Amersfoort e Veenendaal sono più utilizzate in quanto essendo di dimensioni maggiori, hanno un servizio superiore (più treni che passano e per maggiori destinazioni).

Per garantire una buona accessibilità al centro della città, la dimensione della città non dovrebbe essere troppo grande; altrimenti i quartieri suburbani si trovano molto lontani dal centro della città.

La vicinanza al centro della città è un fattore importante che può incoraggiare l'uso di mezzi di trasporto non motorizzati, visto che le persone che vivono vicino in centro tendono ad usare meno l'automobile.

7. Conclusioni

In questo studio, si cerca di dare un contributo alla conoscenza esistente in materia di mobilità confrontando una serie di indicatori spaziali con il comportamento effettivo di viaggio delle persone rilevato attraverso il GPS. OpenStreetMap, l'esempio più rilevante delle informazioni geografiche volontarie (VGI) e altri dataset, sono stati utilizzati per recuperare informazioni sulle caratteristiche dei quartieri, sulle strade, sulle piste ciclabili e sulle reti pedonali. Sono stati valutati e confrontati modelli di mobilità in 10 diversi quartieri nei Paesi Bassi.

Guardando ai risultati complessivi, è chiaro che i 10 quartieri analizzati in questa ricerca hanno un punteggio diverso in termini di prossimità, densità e accessibilità. Ci sono chiare differenze tra le tre città analizzate: Amersfoort e Veenendaal hanno un rating molto più elevato di Zeewolde, che ha sempre prestazioni inferiori.

I risultati riportati in questo studio sono generalmente coerenti con la letteratura esistente. Al fine di ridurre i viaggi in auto e promuovere l'uso del trasporto pubblico, tutti questi fattori devono coesistere in una certa misura, in quanto la sinergia di indicatori di prossimità, densità e accessibilità può produrre impatti più apprezzabili. Avere bellissimi marciapiedi, paesaggi attraenti e altri servizi pedonali in un quartiere a bassa densità e residenziale sicuramente non è sufficiente a spingere gli abitanti a camminare (Cervero e Kockelman, 1997).

Questa ricerca intende portare aspetti d'innovazione al corpo di conoscenza esistente nel campo degli studi di mobilità. Infatti, grazie alla disponibilità di nuovi strumenti e grazie all'aumento della potenza di calcolo, oggi molti calcoli sono diventati più semplici e gli indicatori utilizzati in passato possono essere migliorati.

Inoltre, è importante sottolineare che gli indicatori sono attuati utilizzando open data e possono essere facilmente compresi e interpretati da ricercatori, progettisti e *policy makers*. In questo modo, hanno più possibilità di essere utilizzati negli studi di valutazione di mobilità e possono avere un impatto maggiore sul processo decisionale. Gli indicatori spaziali basati sul GIS possono essere utilizzati come metodo di valutazione del potenziale di mobilità sostenibile dei quartieri durante le fasi di progettazione, ma anche per monitorare le prestazioni, proporre interventi di pianificazione nei quartieri esistenti. Pertanto, la stessa procedura può essere applicata in diversi casi. La

scelta di OpenStreetMap aiuta in questo senso, in quanto è un dataset open source disponibile in tutto il mondo. Di conseguenza, sarebbe facile estrarre la rete di infrastrutture di quartieri in altri paesi, in quanto la struttura del dataset è coerente.

8. Ricerche future

Il lavoro descritto in questo studio può essere migliorato in futuro. In primo luogo, migliorare la realizzazione degli indicatori di performance teorici potrebbe essere una possibilità. Migliorando ad esempio il calcolo del percorso più breve e l'utilizzo di dataset aggiuntivi potrebbe portare ad una misura più precisa della distanza.

Per quanto riguarda gli indicatori di densità, si possono migliorare soprattutto per l'analisi dell'indice di uso del suolo.

L'elenco degli indicatori di performance teorici può sempre essere modificato e migliorato in futuro. Alcuni indicatori potrebbero avere un impatto limitato sull'analisi e quindi nuovi indicatori possono essere aggiunti all'elenco. Inoltre, poiché gli indicatori possono avere un'influenza diversa sui risultati finali, è possibile applicare una serie di pesi per livellarli.

Infine, l'accuratezza dello studio relativo alle destinazioni principali può essere migliorato utilizzando tecnologie aggiuntive, come Wi-Fi, Bluetooth o RFID, spesso presenti in ambienti interni. Infatti, come sappiamo, la ricezione GPS è piuttosto limitata all'interno degli edifici: in un edificio in cemento, non viene registrata quasi nessuna traccia GPS. Pertanto, una possibilità sarebbe quella di utilizzare il GPS per il monitoraggio delle persone all'aperto, mentre si potrebbero sfruttare altre tecnologie per rintracciare le persone in ambienti chiusi. In tal modo, la misura delle prestazioni effettive potrebbe essere notevolmente più accurata e completa.

Bibliografia

Jensen, M. (1999). Passion and heart in transport — a sociological analysis on transport behaviour. Pergamon, *Transport Policy* 6 (1999) 19–33

Beirão, G., and Cabral, J.S. (2005). Modeling Service Quality for Public Transport Contracts: Assessing Users Perceptions.

<http://hdl.handle.net/10216/67471>, 9th Conference on Competition and Ownership in Land Transport

European Commission 2007. Sustainable Urban Transport Plans - Preparatory Document in relation to the follow-up of the Thematic Strategy on the Urban Environment (Technical report No. 2007/018). European Commission, Luxembourg.

Bohte, W., Maat, K., and Quak, W. (2008). A method for deriving trip destinations and modes for GPS-based travel surveys. In J. Van Schaick, & S. Van der Spek (Eds.) *Urbanism on Track*, chap. 10, (pp. 129-145). IOS Press.

Van der Spek, S., Van Schaick, J., De Bois, P., and De Haan, R. (2009). Sensing Human Activity: GPS Tracking. *Sensor Journal*, ISSN 1424-8220

Bohte, W. (2010). Residential self-selection and travel. The relationship between travel-related attitudes, built environment characteristics and travel behaviour. In *Sustainable Urban Areas*, Delft University Press

Gil, J. 2010. Urban form and the multi-modal mobility network structure. Evaluating the sustainable accessibility of urban areas in the city-region. PhD review report, TU Delft

Wolf, J., Bachman, W., Oliveira, M.S. et al. (2014). Applying GPS Data to Understand Travel Behaviour. Volume I: Background, Methods, and Tests. National Cooperative Highway Research Program, report 775, Transportation Research Board, Washington, D.C.

Onderzoek verplaatsingsgedrag, Research on travel behaviour, May 2015.
URL: <http://www.verplaatsingsgedrag.nl/index5.html>