

UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE DELLA WALKABILITY E DELL'ACCESSIBILITÀ PEDONALE

Ivan Blečić¹²⁴

Arnaldo Cecchini¹²⁵

Tanja Congiu¹²⁶

Myriam Pazzola¹²⁷

Giuseppe A. Trunfio¹²⁸

Parole Chiave: sistema di supporto alla pianificazione e progettazione, walkability, accessibilità pedonale, approccio alla capacità.

Abstract

Il contributo propone un metodo e uno strumento per la valutazione della qualità della vita urbana basato sui concetti di walkability e di accessibilità pedonale di luoghi della città rilevanti con i quali estendere le capacità degli individui e partecipare concretamente alle urban opportunities. Il modello di valutazione utilizza i percorsi pedonali esistenti della rete viaria e valuta la loro qualità in base a diversi attributi importanti per la pedonalità. L'applicazione del sistema proposto al caso studio di valutazione del progetto di riorganizzazione della *Segunda Circular* (seconda circonvallazione) di Lisbona consente di mostrarne i possibili utilizzi e di trarre alcune riflessioni sulla base dei risultati ottenuti.

English abstract

We present a methodology and a tool for evaluating the quality of life in cities based on walkability and pedestrian accessibility of places which are relevant for people's capabilities. The evaluation model uses the actual pedestrian routes along the street network and considers their quality on several attributes important for their walkability. We furthermore demonstrate possible uses of the support system by reporting and discussing the results of a case-study assessment of a project for the Lisbon *Segunda Circular* (Second Ring Road).

1. Introduzione

La qualità della vita nelle città è fortemente imperniata sull'effettivo accesso ai luoghi, alle attività e ai servizi.

I luoghi dell'abitare condizionano le capacità degli individui intese nel senso del "capability approach" (Sen, 1993) cioè la libertà effettiva di scegliere tra diverse cose da fare o modi di essere cui si attribuisce personale valore. In questa concezione, una capacità richiede costitutivamente la presenza di due presupposti: 1) l'*abilità*, potere intrinseco di un individuo, detenuto ma non necessariamente esercitato, di fare e di essere, 2) l'*opportunità*, presenza di condizioni esterne che rendono possibile l'esercizio di tale potere. Una persona ha la capacità,

¹²⁴ DADU, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica Università di Sassari, P.zza Duomo, 5 07400, Alghero, Italia. Email ivan@uniss.it.

¹²⁵ DADU, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica Università di Sassari, P.zza Duomo, 5, 07400, Alghero, Italia. Email cecchini@uniss.it.

¹²⁶ DADU, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica Università di Sassari, P.zza Duomo, 5, 07400, Alghero, Italia. Email tancon@uniss.it.

¹²⁷ DADU, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica Università di Sassari, P.zza Duomo, 5, 07400, Alghero, Italia. Email myriam.88@tiscali.it.

¹²⁸ DADU, Dipartimento di Architettura, Design e Urbanistica Università di Sassari, P.zza Duomo, 5, 07400, Alghero, Italia. Email trunfio@uniss.it.

cioè è in grado di fare o di essere qualcosa solo se esistono entrambe le condizioni. Lo spazio fisico urbano influenza le capacità agendo principalmente sulla componente opportunità.

Gli approcci tradizionali di valutazione della qualità della vita imperniati sulle opportunità urbane consistono generalmente nella misura della distribuzione, della densità di popolazione e delle distanze delle diverse opportunità nello spazio. Ma per ragionare in termini di capacità, occorre anche tener conto della qualità dell'accessibilità. Oltre alla distanza è importante considerare se un luogo può essere raggiunto anche a piedi o in bicicletta, se il percorso pedonale è piacevole e integrato spazialmente con l'ambiente circostante, se è ricco di attività urbane, se è ben tenuto e (percepito come) sicuro, se non risulta asservito al traffico automobilistico per volute scelte progettuali o per il prevalere di pratiche sociali d'uso.

Su queste premesse, il contributo propone un metodo e uno strumento per la valutazione della qualità della vita, in termini di opportunità esistenti, che considera sia i percorsi pedonali esistenti lungo la rete stradale, sia la loro qualità e pedonalità (Livi e Clifton, 2004).

Il testo è strutturato in cinque parti: i paragrafi 1 e 2 richiamano i principi teorici e metodologici che guidano la ricerca, i paragrafi 3 e 4 descrivono il modello, il paragrafo 5 ne propone una applicazione operativa e il paragrafo 6 formula alcune conclusioni.

2. Sfondo teorico metodologico

La comunità scientifica mostra un crescente interesse per il tema dell'accessibilità come condizione con cui estendere le capacità degli individui di raggiungere e prender parte alle opportunità della città. Le discipline dei trasporti stanno affrontando un cambiamento di paradigma: il passaggio dalla mobilità all'accessibilità, due concetti distinti con diverse implicazioni sul progetto (Handy 2002, 2005).

Mentre l'approccio orientato alla mobilità aspira a estendere quanto più possibile il movimento e la circolazione di persone e cose rendendo possibili e agevoli il maggior numero di spostamenti con azioni finalizzate a migliorare l'efficienza e le prestazioni di tutti i modi e sistemi di trasporto all'insegna del coordinamento e dell'integrazione, il progetto incentrato sull'accessibilità si concentra sui viaggi e sui viaggiatori e sulla qualità degli spostamenti. Questa evoluzione sposta il nucleo concettuale dai mezzi di trasporto ai bisogni della popolazione e comporta importanti cambiamenti anche nei parametri e nei modi con cui misurare gli effetti delle scelte trasformative (Levine e Garb, 2002).

Nella maggior parte dei casi, le misure di accessibilità includono sia un fattore di impedenza, che riflette il tempo e/o il costo necessari per raggiungere una data destinazione, sia un fattore di attrattività, che riflette la qualità del percorso, l'esperienza associata al viaggio e il valore associato alla destinazione.

Il concetto di accessibilità è quindi multidimensionale. Può essere definito in termini di convenienza, accettabilità, disponibilità e accessibilità spaziale (Litman, 2011).

Quando espressa in termini di costo, l'accessibilità è misurata come la distanza tra un luogo e altri luoghi, funzioni, servizi (attrattori di spostamento). Quando espressa in termini di disponibilità, viene spesso calcolata in base al numero di funzioni e servizi ricadenti all'interno di un data unità spaziale o entro una certa distanza (in minuti o metri) da un punto di origine (Apparicio et al., 2008).

Geurs e van Eck (2001) individuano tre approcci per misurare l'accessibilità: 1) basato sull'infrastruttura, misura le prestazioni di un sistema di trasporto, tenendo conto della geometria della rete, dei livelli di congestione e delle velocità di marcia; 2) basato sulle attività, tiene conto della loro distribuzione nello spazio e nel tempo adottando misure comuni di accessibilità geografica da un punto a tutte le altre destinazioni e misure spazio-temporali che rappresentano il potenziale di attività a cui gli individui possono accedere in un dato intervallo di tempo; 3) basato sull'utilità, misura i vantaggi derivanti dall'accesso a attività e funzioni distribuite nello spazio.

Gli stessi autori olandesi identificano anche quattro set di fattori interdipendenti che influenzano l'accessibilità: un componente di trasporto che comprende i tempi, i costi e gli impegni da affrontare per spostarsi tra un'origine e una destinazione; un componente di assetto territoriale

che tiene conto della distribuzione spaziale delle attività di destinazione (luoghi di lavoro, di studio, negozi, ecc.) e della domanda di tali attività (lavoratori, studenti, abitanti); un componente temporale che considera le limitazioni di tempo e la disponibilità di attività in diversi momenti della giornata); infine un componente individuale che riflette le esigenze, le possibilità e abilità degli individui.

La ricerca nasce dall'intento di costruire un modello di valutazione e di supporto all'attività di pianificazione e progetto che tenga conto di diversi di questi aspetti soffermandosi sulla qualità dell'accessibilità pedonale in quanto fattore importante per l'estensione delle capacità.

L'assunzione di questa prospettiva di estensione dell'accessibilità richiede una rigorosa integrazione e collaborazione tra pianificazione dei trasporti, pianificazione territoriale e progetto urbano. La formulazione del modello e la sua applicazione ad un progetto di riorganizzazione urbana a Lisbona sono stati affrontati in questo spirito.

3. Il modello di valutazione

La ricerca modella il modo in cui i residenti di un'area urbana possono raggiungere a piedi le destinazioni di interesse (opportunità urbane) a partire da diversi punti dello spazio utilizzando un grafo dettagliato della rete stradale. Le destinazioni sono suddivise in categorie distinte ciascuna delle quali rappresenta un diverso tipo di opportunità urbana (spazi verdi, aree commerciali, servizi, ecc.). Per ogni categoria di destinazioni, il comportamento pedonale viene definito come problema di massimizzazione dell'utilità dello spostamento note la distanza e la qualità dell'accessibilità pedonale delle destinazioni appartenenti alla categoria considerata.

Si assume che un residente che vive in un certo punto nello spazio, si sposta a piedi verso le destinazioni disponibili una certa quantità di volte e che l'utilità derivata sia definita dalla seguente funzione detta costante di elasticità di sostituzione (CES):

$$U = \left(\sum_{i=1}^n X_i^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

dove n è il numero di destinazioni disponibili, X_i è il numero di volte in cui il residente visita la i -esima destinazione e $1/(1-p)$ è l'elasticità di sostituzione tra le destinazioni.

Il vincolo imposto al pedone è:

$$\sum_{i=1}^n c_i X_i \leq M \quad (2)$$

dove c_i è il costo che il pedone sostiene per raggiungere la destinazione i e M è il budget disponibile pari ad un valore costante convenzionale.

Uno percorso da un'origine a una destinazione è un insieme di n archi interconnessi. Oltre alle distanze, agli archi si associano altri attributi che descrivono la qualità dell'accessibilità pedonale tenendo conto delle caratteristiche fisico-spaziali, della presenza (o assenza) di una varietà di attività urbane o di indicazioni relative alla progettazione urbana. Tali attributi servono a modellare il costo associato ad un percorso e utilizzato nell'espressione del vincolo (2). Il costo di un percorso di p archi si può definire come:

$$c = c_0 + \sum_{k=1}^p l_k \left(1 - \left(\sum_{l=1}^r w_l a_{k,l}^r \right)^{\frac{1}{r}} \right) \quad (3)$$

Dove c_0 è il costo fisso, l_k è la lunghezza del k -esimo arco del percorso, $a_{k,l} \in [0,1)$ è il valore dell' l -esimo attributo di tale arco, w_l è il peso dell'attributo ($\sum w_l = 1$) e r è un parametro tale per cui $1/(1-r)$ è l'elasticità di sostituzione tra gli attributi. Secondo questa espressione la variabile unità di costo è pari a 1 quando tutti gli attributi assumono il loro valore più basso (ad es. 0), e si avvicina a 0 quando gli attributi si avvicinano al valore massimo 1.

Tra i tanti percorsi alternativi da un'origine a una destinazione della rete stradale, si inserisce nell'espressione (2) il meno costoso (vedi "Percorso" seguito, nella sezione 4).

Per cui sotto il vincolo (2), la funzione di utilità (1) è massimizzata quando:

$$X_i = \frac{c_i^{\rho-1} M}{\sum_{j=1}^n c_j^{\rho-1}} \quad (4)$$

4. Descrizione di dettaglio e implementazione

Attributi degli archi. Per valutare la qualità di accessibilità pedonale, abbiamo definito il costo di un percorso nell'espressione (3) come funzione degli attributi dell'arco. Questi attributi sono fattori rilevanti ai fini della pedonalità di una tragitto pedonale. Nella formulazione generale del modello, essi vengono introdotti nell'intento di descrivere la qualità urbana, le condizioni del traffico e della viabilità, l'uso del suolo, l'accesso all'edificato, il grado di integrazione con l'intorno, la sicurezza e qualsiasi altro carattere e pratica di utilizzo dello spazio importante per il pedone.

La Tabella 1 riporta gli attributi, i loro pesi e scale di misura utilizzate nell'implementazione preliminare del modello. Gli attributi sono organizzati in tre categorie: progettazione urbana, caratteristiche fisiche e modelli d'uso dello spazio. Il loro significato risulta chiaro e intuitivo, tranne forse per gli attributi di progettazione urbana. Quest'ultima categoria descrive tre aspetti: (1) la densità edilizia che circonda la strada (l'attributo denso indica un tessuto urbano continuo; rarefatto un tessuto urbano non continuo, con edifici sparsi; "non sviluppato" si riferisce alle aree abbandonate con spazi e fabbricati obsoleti); (2) il grado di integrazione della strada con gli edifici e gli spazi circostanti ("integrato" significa che vi è una piena continuità spaziale e funzionale tra i due elementi; "filtrato" significa che è possibile accedere all'ambiente circostante ma che il passaggio avviene attraverso un filtro rappresentato da un'architettura o altro dispositivo spaziale urbano, come una recinzione o un altro elemento di ostacolo con porte o vie di accesso; "separato" indica la separazione totale tra la strada e il tessuto urbano circostante come nel caso di pareti continue o recinti); (3) la tipologia di strada (di "accesso" cioè di collegamento e ingresso alle funzioni pubbliche disposte lungo la via, o "residenziale", o ancora di "attraversamento", bypass o passaggio pedonale sotterraneo).

Tabella 1 – Attributi degli archi

Peso w	Scala (valori di a nella formula (3) tra parentesi)
--------	---

Progettazione urbana		
Densità edificato	1/9	Denso (0,8) - Rarefatto (0,5) – Non sviluppato (0,2)
Grado di integrazione	1/9	Integrato (0,8) - Filtrato (0,5) - Separato (0,2)
Tipologia di strada	1/9	di accesso (0,8) - residenziale (0,5) - attraversamento/bypass (0,2)
Caratteristiche fisiche		
Pista ciclabile	1/30	Presente (0,8) - Assente (0,2)
Numero di corsie	1/30	0÷2 (0,8) - 3÷4 (0,5) - > 4 (0,2)
Limiti di velocità auto (km/h)	2/30	< di 40 (0,8) - 40÷60 (0,5) - > 60 (0,2)
Strada a senso unico	1/30	Sì (0,8) - No (0,5)
Sosta lungo la strada	1/30	Non ammessa/praticata (0,8) - Ammessa/praticata (0,2)
Larghezza a piedi (m)	2/30	> 3(0,8) - 1,5÷3 (0,5) - < 1,5 (0,2)
Grado di manutenzione	2/30	Buono (0,8) - Sufficiente (0,5) - Scarso (0,2)
Usi urbani		
Attività Commerciali	2/9	Predominante (0,8) – Presente (0,5) - Assente (0,2)
Servizi e uffici	1/9	Predominante (0,8) – Presente (0,5) - Assente (0,2)

Questo elenco, non ha la pretesa di essere completo ed esaustivo. Costituisce una base generale che può essere modificata e perfezionata a seconda delle situazioni trattate. Molti altri attributi potrebbero infatti essere utili a valutare la walkability; per esempio, in questa sede il modello non tiene conto di aspetti importanti come le pratiche d'uso dello spazio, il clima sociale o la percezione della sicurezza personale. Tuttavia, l'obiettivo primario di questo lavoro è stabilire un quadro di valutazione in termini generali. In seguito, anche grazie ai suggerimenti provenienti da altri studiosi, si potranno arricchire, adattare e introdurre altri attributi sulla base di specifici presupposti normativi, evidenze empiriche e l'acquisizione di nuovi dati.

Origini e Destinazioni. Come descritto nella sezione precedente, il modello assegna un'utilità a tutti i punti di origine di spostamenti verso destinazioni accessibili. Occorre quindi definire quali sono i "pixel" di origine e di destinazione sulla mappa. Dal momento che si intende assegnare un'utilità a tutti i pixel, in linea di principio tutti sono potenziali origini. Poiché questa assunzione comporterebbe una grande complessità computazionale, si è preferito adottare un approccio più pratico che fissa i nodi origine esclusivamente lungo la rete stradale, ad una distanza fissa. Si calcola quindi l'utilità (secondo la procedura descritta nella sezione 3) solo per questi nodi, mentre per tutti gli altri si procede per interpolazione dei valori usando una griglia con celle di 100 m x 100 m che copre tutta la mappa della città. L'interpolazione avviene mediante il metodo della distanza di ponderazione inversa.

Una procedura analoga, con una piccola variazione, è stata seguita per i nodi destinazione: non tutti i punti nello spazio sono assunti come attrattori, ma si fissano i nodi destinazione equamente distanziati solo lungo quelle strade che offrono accesso diretto a tre categorie di funzioni e luoghi (rif. attributi "usi urbani" della Tabella 1.): vendita/commercio, servizi e aree verdi/ricreative. Pertanto, per ogni nodo di destinazione, si calcolano tre distinti valori di utilità, uno per ciascuna categoria d'uso.

La distribuzione uniforme dei nodi lungo gli archi non può essere ammessa a causa della geometria del grafo e della lunghezza variabile degli archi; si è pertanto adottata una soluzione approssimata secondo cui: data una distanza nello spazio di δ m, lo spostamento avviene fissando un nodo ogni δ metri per gli archi con lunghezza maggiore di δ , mentre per gli archi più corti si posiziona un nodo al centro solo se non esiste alcun altro nodo del grafo entro un intorno circolare di $\delta/2$ metri di raggio.

Scelta del percorso. Tra più percorsi alternativi tra un'origine e una destinazione, si utilizza il noto algoritmo di Dijkstra (1959) per stabilire il meno costoso, che viene poi usato nell'espressione del vincolo (2) sopra descritta. Quello di Dijkstra è un algoritmo grafico di ricerca che risolve il problema del percorso più breve con singola sorgente per un grafo con archi aventi costi non negativi. Nel nostro caso, il costo associato all'arco è definito con l'espressione (3).

5. Risultati sperimentali

Per studiare il funzionamento e gli esiti del modello di valutazione, si è scelto come ambito di applicazione e sperimentazione l'area circostante l'asse viario *Segunda Circular* di Lisbona. Dal momento che la ricerca intende in primo luogo indagare la vocazione del modello come sistema di supporto alla decisione e al progetto, l'applicazione al caso studio ha accompagnato il ragionamento sugli effetti possibili di un progetto di riqualificazione urbana che coinvolge le aree intorno all'asse viario riorganizzando la rete stradale, il sistema degli spazi pubblici e le destinazioni d'uso.

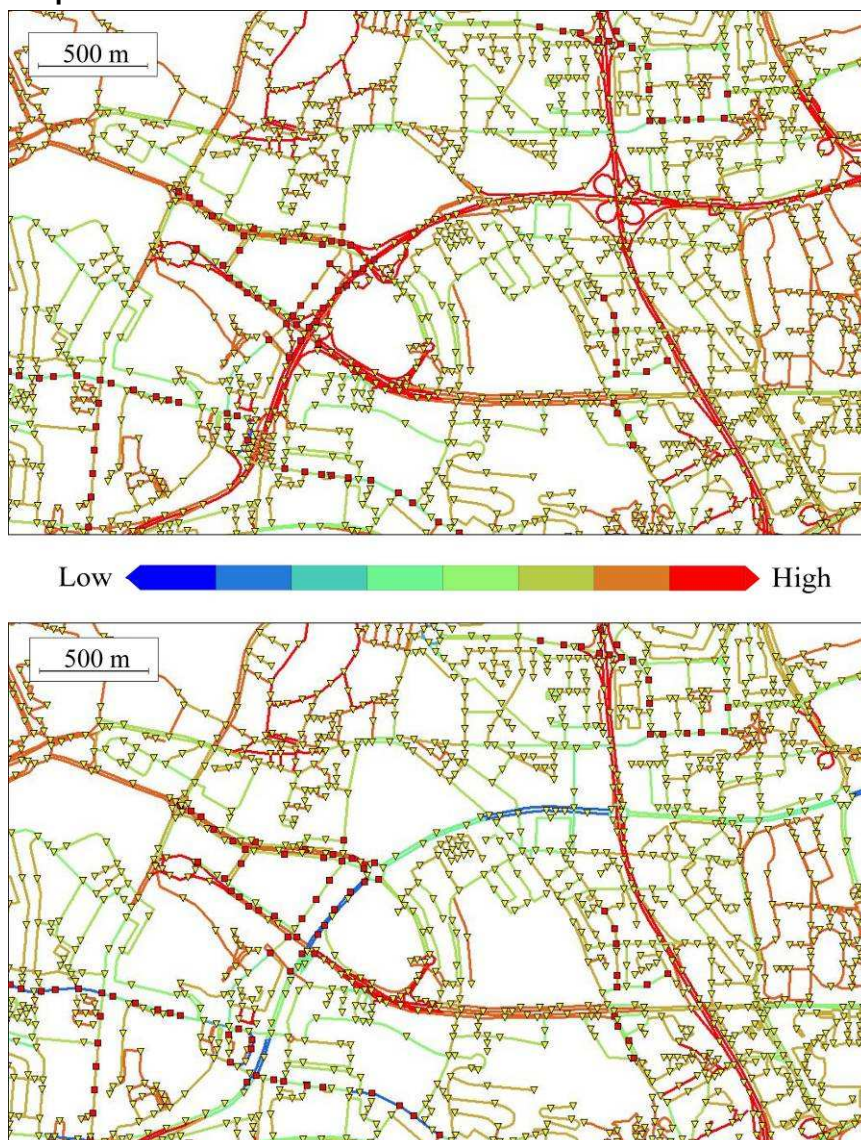
La rete stradale di base utilizzata è tratta da sezioni OpenStreetMap e arricchita con gli attributi della Tabella 1. assegnati attraverso l'osservazione diretta assistita da Google Street View. Per il riconoscimento e la localizzazione delle destinazioni con valore attrattore si è fatto ricorso ad ulteriori fonti ausiliarie come Google Maps, Pagine Gialle e i dati censuari.

La Figura 1 confronta il grafo della rete stradale prima e dopo il progetto, con i costi associati agli archi, i nodi di origine e destinazione.

Il declassamento della *Segunda Circular* da autostrada a viale urbano, che è l'azione centrale del progetto, ha come riflesso la riduzione dei costi lungo l'arteria centrale.

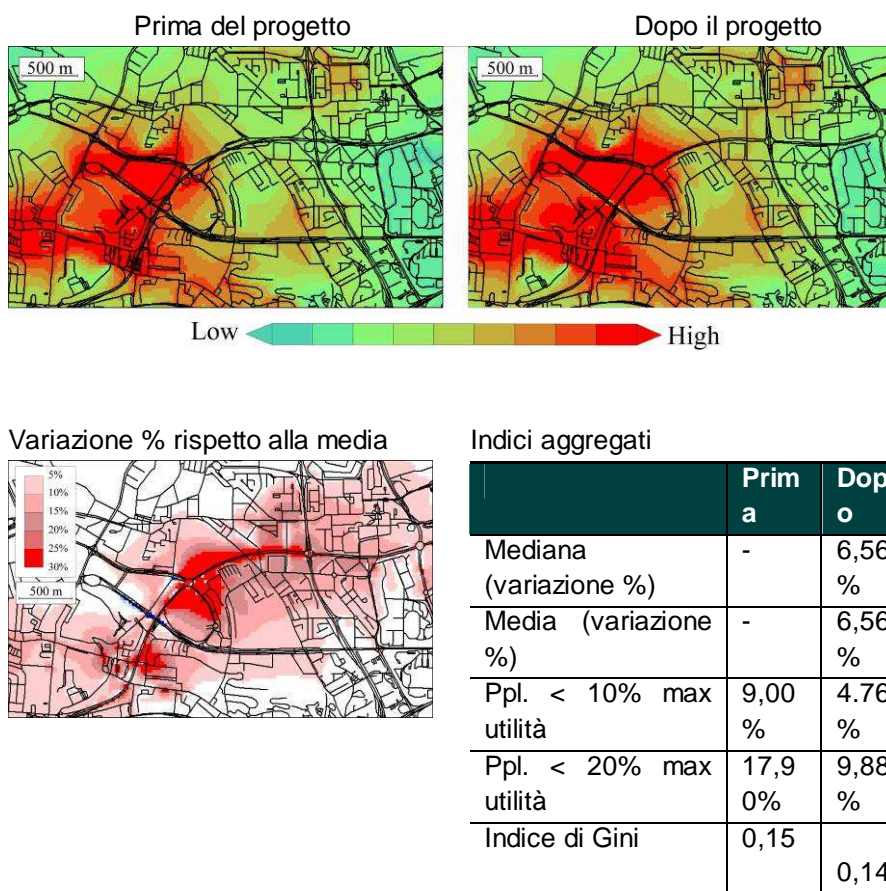
In Figura 2 e 3 si mostra l'impatto del progetto sulla distribuzione delle utilità nello spazio e si riportano diversi indici aggregati rispettivamente per uso commerciale e vendita al dettaglio e per servizi.

Figura 25 – Rete stradale e costi degli archi; i triangoli gialli rappresentano i nodi origine e i quadrati rossi i nodi di destinazione.



In coerenza con l'approccio di capacità, l'andamento distributivo dell'utilità rappresenta un fattore importante ai fini della valutazione degli effetti di un progetto urbano o di una politica. A tale scopo si sono utilizzati i dati censuari per assegnare il numero di residenti alle celle della griglia su cui si interpola la funzione di utilità. Questo ha permesso di calcolare l'indice di Gini e la percentuale di individui che vivono in aree con valori dell'utilità massima ante-progetto inferiori al 10% e al 20%. I due indici possono essere considerati come una prima stima del numero di persone che vivono in luoghi relativamente poveri (in quanto inaccessibili) di opportunità urbane della categoria di usi considerata.

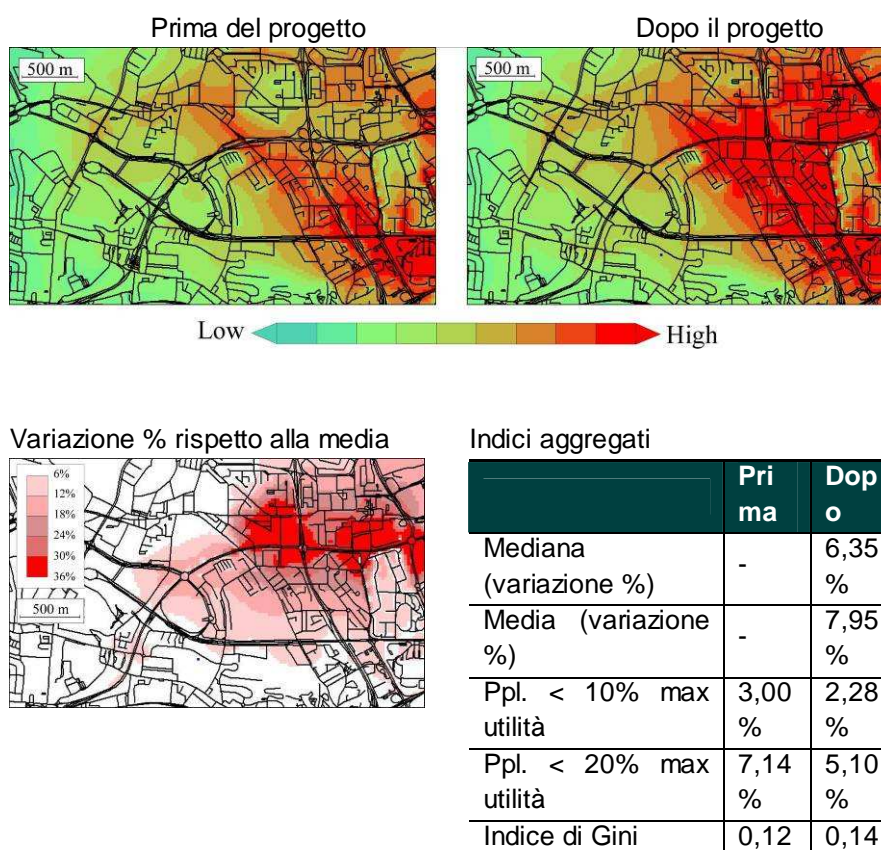
Figura 26 – Utilità per attività commerciali e di vendita.



Come si evince dal confronto tra le mappe ante e post-progetto delle due figure, il progetto ha avuto un notevole impatto sulla accessibilità alle aree commerciali a Ovest dell'asse e sull'accessibilità ai servizi della parte Est. Ciò è legato alla iniziale distribuzione delle destinazioni rese più facilmente accessibili.

In entrambi i casi il progetto ha prodotto un aumento dell'utilità media (da 6,5% a 8% circa). Evidenti effetti distributivi si osservano nel caso delle attività commerciali (Fig. 2). Si riduce la frazione di popolazione relativamente svantaggiata che passa dal 9 al 4,76 % e dal 19,70 a 9,88 % rispettivamente per coloro che vivono in luoghi con valori di utilità massima ante-progetto inferiori al 10% e al 20%. Altre analisi, come il calcolo dell'indice di Gini, hanno dimostrato che questa variazione dipende in primo luogo dall'aumento del livello generale di utilità e solo marginalmente è dovuta alla ridistribuzione spaziale e alla riduzione delle disparità. Nel caso delle attività di servizio non si osserva una riduzione del numero di situazioni di relativa carenza dello stesso ordine di grandezza (Fig. 3). Infatti ad un incremento simile dei livelli di utilità, corrisponde un aumento delle disparità segnalato dal valore dell'indice di Gini.

Figura 27 – Utilità per attività di servizio.



6. Conclusioni

L'approccio di capacità abbinato con l'analisi dell'accessibilità costituisce, a parere degli autori, un interessante sfondo teorico e metodologico con cui valutare la qualità della vita nelle città in termini di opportunità. Lo spazio e l'ambiente urbano sono una componente importante per alcune capacità umane. Tra le tante dimensioni che contribuiscono al benessere dell'individuo (salute, istruzione, partecipazione politica, ecc.), conta anche il modo in cui le nostre città e l'ambiente "funzionano" – la loro forma, il modo in cui sono organizzati e vengono utilizzati per le pratiche sociali. Il bisogno di esplorare e capire in quale misura si possa, almeno parzialmente, isolare questa specifica relazione tra capacità, spazio, ambiente urbano, organizzazione e pratiche sociali di utilizzo, separandola da altre determinanti e dimensioni delle capacità umane ha guidato la ricerca.

Architetti, urbanisti, decisori politici e amministratori urbani possono usare la capacità (dovrebbero, a parere degli autori) di leggere e interpretare le molteplici forme di relazione tra i singoli individui e la città, di svelare le situazioni in cui la città è un "ostacolo" rispetto ai bisogni e alle aspirazioni dei suoi abitanti, per meglio definire e governare i processi di trasformazione urbana volti a rimuovere tali ostacoli.

L'attività di ricerca descritta non si pone solo come obiettivo quello di descrivere alcune relazioni tra le capacità dell'uomo e la città, ma piuttosto di costruire un modello di valutazione che aiuti a migliorare l'efficacia, la pertinenza e l'integrazione dell'attività di progetto urbano e del sistema dei trasporti. Si è cioè cercato di metterne in luce le potenzialità oltre che come dispositivo di analisi come strumento di supporto alla progettazione e pianificazione urbana.

Il lavoro può certamente essere esteso e arricchito in molti suoi aspetti. Innanzitutto per diventare un più completo supporto nelle diverse fasi decisionali. Inoltre potrebbe essere esteso alle altre componenti degli spostamenti valutando oltre all'accessibilità pedonale anche quella con le auto e i mezzi pubblici. Quest'ultimo punto è importante se si considerano le scelte progettuali come ricerca di un compromesso tra i vantaggi derivanti dal miglioramento

dell'accessibilità pedonale da un lato e la convenienza per il traffico automobilistico dall'altro. Proprio su questi due aspetti si intende proseguire l'attività di ricerca.

Dal punto di vista dello sviluppo tecnico operativo, è noto che modelli riferiti ad ampie coperture geografiche e che lavorano a un livello di dettaglio maggiore (in termini di numero di nodi e di celle con dimensioni più piccole) richiedono un notevole sforzo computazionale. In tal senso il gruppo di ricerca ha già iniziato a lavorare sul processo di adeguamento delle procedure più complesse di calcolo tramite computazione parallela su sistemi multicore (Oliverio et al. 2011).

Bibliografía

SEN, Amartya. *Capability and Well-Being*. In: NUSSBAUM, Martha; SEN, Amartya (eds.), *The Quality of Life*. New York. Oxford Clarendon Press, 1993. ISBN: 0198287976

LIVI, Andréa D.; **CLIFTON**, Kelly J. *Issues and Methods in Capturing Pedestrian Behaviours, Attitudes and Perceptions: Experiences with a Community Based Walkability Survey*. Transportation Research Board, 2004.

HANDY, Susan L. *Accessibility vs. Mobility-Enhancing Strategies for Addressing Automobile Dependence in the U.S.* Institute of Transportation Studies (UCD), UC Davis, 2002.

HANDY, Susan L. *Planning for accessibility: In theory and in practice*. In: LEVINSON, David M.;

KRIZEK, Kevin J., (eds.), *Access to Destinations*. Amsterdam. Elsevier, 2005, ISBN: 9780080446783

LEVINE, Jonathan; **GARB**, Yaakov. Congestion Pricing's Conditional Promise: Promotion of Accessibility or Mobility. In: Transport Policy vol. 9,n. 3, luglio 2002, p.179-188. ISSN: 0967-070X

LITMAN, Todd A. *Measuring Transportation Traffic, Mobility and Accessibility*. In: ITE Journal, vol. 73, n. 10, Ottobre 2003, p. 28-32. ISSN: 0162-8178

APPARICIO, Philippe; **ABDELMAJID** Mohamed; **RIVA** Mylène; **SHEARMUR** Richard. Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues. In: International Journal of Health Geographics, vol. 7; n. 7, febbraio 2008. ISSN 1476-072X

GEURS, Karst T.; **RITSEMA VAN ECK**, Jan R. *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land use transportation scenarios and related social and economical impact*. RIVM rapport 408505 006. Bilthoven (NH). National Institute for Public Health and the Environment, 2001.

DIJKSTRA, Edsger W. *A note on Two Problems in Connexion with Graphs*. In: Numerische Mathematik, vol.1, n. 1, p. 269-271, 1959. ISSN: 0029-599X.

OLIVERIO Marco; **Spataro**, William; **D'Ambrosio**, Donato; **Rongo**, Rocco; **Spingola**, Giuseppe; **Trunfio**, Giuseppe A. *OpenMP parallelization of the SCIARA Cellular Automata lava flow model: performance analysis on shared-memory computers*. In: Procedia Computer Science, vol. 4, luglio 2011, p. 271-280. ISSN: 1877-0509.