

The Space Syntax Analysis for Interpreting and Predicting Pedestrian Movement in Public Space

DECODIFICA E PREVISIONE DEI MOVIMENTI PEDONALI NEGLI SPAZI PUBBLICI ATTRAVERSO L'ANALISI SPAZIALE SINTATTICA

Klio Monokrousou, Maria Giannopoulou

Dipartimento di Ingegneria Civile, Democritus University of Thrace, Xanthi, Grecia

kmonokrousou@gmail.com

Abstract

The modern perception of urban planning is directed towards promoting pedestrian movement and, at the same time, limiting the excessive use of automobiles. Creating quality and sustainable urban environments has always been a challenge for urban planners and designers. For understanding how pedestrian movement is generated in relation to the urban layouts and for predicting this movement in public spaces, GIS database, statistical methods as well as space syntax approaches are used and tested in the case of the Municipality of Athens. This paper is part of a wider research that intends to interpret the characteristics of the public space in order to create, through more holistic approaches, a methodological framework for decision-making analysis towards sustainable urban planning. In particular, this paper attempts to: (a) interpret and predict densities of pedestrian movement through the effective study of configuration characteristics and syntactic properties of urban space; (b) identify inconsistencies and limitations in the prediction of pedestrian movement; (c) propose a methodological framework to overcome these limitations. Correlation analysis is also performed between the results of axial and segment analysis to establish the syntactic analysis that better simulates the pedestrian movement.

KEY WORDS: *Pedestrian Movement, Space Syntax Limitations, Syntactic Analysis, Sustainable Urban Planning.*

1. Introduzione e concetti base

Gli spazi pubblici giocano un ruolo base nello sviluppo ambientale economico e sociale della città e costituiscono cause o fonti di qualità della vita e sostenibilità [1].

Nella moderna percezione della pianificazione urbanistica, quando ci si riferisce agli spazi pubblici esso viene considerato un sistema spaziale continuo ed integrato, dove ogni elemento (centro cittadino, parco, campi di gioco, spazio aperto di quartiere nelle aree residenziali etc.) è connesso in una definita modalità con gli altri componenti, così come viene condizionato dalle caratteristiche sociali ed economiche dell'intera rete.

In tal modo, le strade come connettori fra spazi pubblici, dovrebbero essere considerate, analizzate, trattate e progettate come spazi pubblici esse stesse. In questo particolare sistema, la struttura del tessuto urbano condiziona il comportamento umano, cioè il modo in cui le persone si muovono e lavorano nello spazio urbano.

Da un lato, le proprietà sintattiche della rete urbana determinano l'accessibilità a specifici luoghi e allo stesso tempo influenzano l'ubicazione di specifici utilizzi e attività del territorio; d'altra parte, le modalità del traffico pedonale interferiscono direttamente con la collocazione di specifici utilizzi del territorio.

Le caratteristiche di configurazione dello spazio urbano, così come il loro impatto sulle attività, spostamenti e condotte pedonali possono essere efficacemente studiate attraverso l'approccio sintattico spaziale. In relazione a parecchi studi su un vasto campione di città differenti per forma, struttura, dimensione e cultura, la teoria dello spazio sintattico può efficacemente interpretare e prevedere le densità del traffico pedonale come configurazione spaziale fortemente correlata con la mobilità pedonale osservata. In molti casi viene stabilita una relazione proporzionale tra il più importante parametro sintattico spaziale, per esempio l'integrazione e la densità pedonale [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Altri studi mostrano che anche altri fattori influenzano le scelte della mobilità pedonale per esempio utilizzi territoriali, diversità nell'utilizzo del territorio, connettività, densità di popolazione altezza media delle costruzioni [9, 10, 11, 12]. Questo studio cerca di utilizzare l'analisi sintattica per ricercare questa correlazione nella Municipalità di Atene, in Grecia, poichè questa area è un sistema molto denso in termini di popolazione e abbastanza complesso in termini di uso del territorio.

L'obiettivo, nel suo complesso è interpretare la densità del traffico pedonale, così come identificare le incongruenze e le limitazioni nella previsione del traffico pedonale e proporre modalità per superarle, così come sviluppare un approccio metodologico decisionale per una pianificazione urbana sostenibile.

2. L'esecuzione dell'analisi sintattica per la Municipalità di Atene

2.1 Il caso di studio: la Municipalità di Atene

La municipalità di Atene, che è parte della capitale della Grecia, è la più grande municipalità del paese.

L'area di studio ha una popolazione di circa 665 mila abitanti, un'area di 39 chilometri quadrati e una densità di popolazione di 17.000 abitanti per chilometri quadrati, che la rendono una delle più dense aree abitate del mondo sviluppato. La municipalità di Atene è stata strutturata durante centinaia e centinaia di anni e deve la sua attuale complessità precisamente per questo suo lungo cammino di sviluppo e trasformazione.

Lo sviluppo postbellico di Atene urbano, socio economico e abitativo la ha condotta all'attuale sbilanciato sovrappopolamento, così come le attività, i servizi e le opportunità di lavoro. Come risultato, nella grande area metropolitana di Atene si è accumulata quasi metà della popolazione della Grecia, determinando un significativo cambiamento spaziale nel panorama della città.

L'esplosivo sviluppo residenziale insieme al forte sfruttamento dello spazio pubblico ha prodotto, come risultato rispetto alla morfologia, un tessuto urbano molto fitto attorno ai vari centri cittadini e alle numerose colline intorno alla città (vedi Fig. 1). Questa espansione del tessuto urbano ha condotto ad un incremento dell'uso dell'automobile. La principale rete di strade che si è sviluppata nel corso degli anni include sia un'irregolare configurazione di strade nelle parti centrali della città e una disposizione assiale delle strade principali dietro il centro e verso la periferia.

Questo sviluppo ha ulteriormente condotto ad un'espansione lineare del commercio, dell'amministrazione e delle altre attività. Questo modello ha prodotto come risultato un investimento nella costruzione di strade aggiuntive e di ulteriori aree di parcheggio invece di migliorare i servizi

di trasporto pubblico, e, insieme alla carenza di un regolato trasporto su strada, l'uso del mezzo privato è stato ulteriormente incoraggiato, determinando un eccessivo incremento del volume di traffico. L'attuale masterplan di Atene mira a cambiare queste tendenze e rafforzare il ruolo del trasporto pubblico e del traffico pedonale.

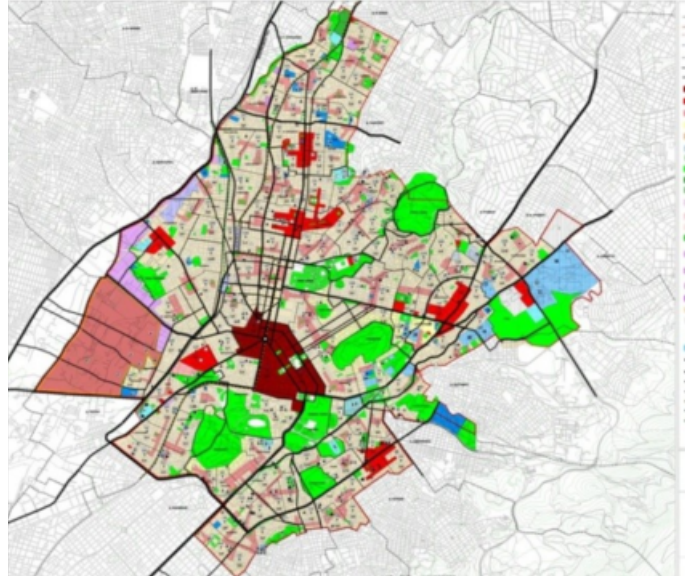


Fig. 1 - Masterplan di Atene, Attica (proposta)
(fonte: IORSA 2011)

2.2 Metodologia

Per interpretare e prevedere la densità del traffico pedonale, è stata compiuta l'analisi sintattica come primo approccio nell'area di studio. La fase iniziale dell'analisi comprende la raccolta dati, che è una parte molto importante di questo studio.

Sulla base della rete urbana stradale, un open data stradale è stato ricavato attraverso l'*Open Street Map* (OSM) (www.openstreetmap.org), e la mappa assiale si è generata in automatico, usando un'estensione open source di ArcGIS 10.2, l'*Axwoman* 6.3. In questa fase è stata configurata la mappa assiale, ed ogni strada è stata rappresentata nella mappa attraverso un asse.

Successivamente, le linee assiali sono state importate tramite una piattaforma software open source - DEPTHMAP - in modo da strutturare un'analisi completa dei differenti spazi sintattico - spaziali.

Le differenti variabili sono state stimate attraverso il software DEPTHMAP, incluse la misura della connettività, che è il numero di elementi che sono connessi a un determinato elemento; la misurazione dell'integrazione, che è la distanza di un elemento da tutti gli altri in rapporto al numero degli elementi nel complesso del sistema; e la misurazione della scelta, che indica quanto spesso un elemento viene attraversato, quando vengono calcolati i percorsi più brevi fra elementi [13].

Per l'analisi sintattica, è stata effettuata innanzitutto un'analisi assiale attraverso DEPTHMAP e sono state

calcolate e raffigurate in grafi la valutazione della connettività, dell'integrazione e della scelta. Quindi è stata condotta un'analisi segmentaria con DEPTHMAP in cui, per effettuare la misurazione dei grafi, non sono stati contati i passaggi fra un elemento e l'altro, ma le inclinazioni fra i punti di intersezione degli elementi. I vantaggi dell'analisi segmentaria sono che è più dettagliata di un'analisi assiale e che vi è maggior correlazione con l'osservazione del traffico pedonale [13]. Per l'analisi segmentaria sono state effettuate tre tipologie di analisi; analisi metrica, analisi topologica e analisi angolare. La differenza base tra i metodi è il tipo di distanza quando calcoliamo il percorso più breve fra due segmenti arbitrari. Per le analisi metriche e topologiche è calcolata la variabile di profondità media invece dell'integrazione. Dopo l'analisi, viene calcolata automaticamente la misura dell'integrazione, attraverso una formula che divide la totalità dei nodi dalla misura della profondità media per ogni linea assiale.

Come fase finale, sono stati effettuati calcoli statistici, in modo da stimare le correlazioni tra i risultati dell'azione assiale e quelli dell'analisi segmentaria, in modo da stabilire il tipo di analisi più adatto per prevedere le densità del traffico pedonale.

2.3 Risultati

Inizialmente la mappa assiale viene automaticamente generata e presentata nella figura 2 (vedi Fig. 2a). Successivamente, l'analisi assiale include la produzione della mappa di integrazione globale della municipalità ed è presentata nella figura 3 (vedi Fig. 3a). Le linee rosse mostrano le strade con i più alti valori di integrazione, mentre le linee blue mostrano quelle più marginali. Il nucleo di integrazione, mostrato nelle linee rosse, arancioni e gialle, mostra uno sviluppo assiale di penetrazione da molte parti, mentre prende la forma di una rete fitta



Fig. 2a - Mappa assiale della Municipalità di Atene



Fig. 2b - Mappa dell'integrazione complessiva della Municipalità di Atene



Fig. 3a - Mappa di scelta della Municipalità di Atene



Fig. 3b - Mappa di integrazione locale (raggio = 3) della Municipalità di Atene

oltre la parte storica e il distretto centrale degli affari (CBD). Gli spazi marginali, raffigurati con le linee in verde, blue chiaro e blue scuro, tendono a raggrupparsi nella periferia, coprendo maggiormente la parte esterna all'area centrale. La mappa di scelta della municipalità viene presentata nella figura 3 (vedi Fig. 3a), con i valori di scelta più alta nel colore rosso e quelli più bassi in blue.

Secondo Hillier [14], le densità dei pedoni sulle linee nelle aree locali possono solitamente essere meglio previste calcolando un'integrazione nel sistema di massimo tre linee per ognuna, la scala locale della mappa di integrazione (raggio=3) è stata creata e mostrata nella figura 3 (vedi Fig. 3b). Nell'analisi è stato esposto come le misurazioni dell'integrazione e della scelta hanno avuto i loro più alti valori in circa gli stessi viali o strade, secondo le proprietà sintattiche dello spazio urbano.

I risultati delle analisi segmentarie sono in alcuni casi simili, ma in altri abbastanza differenti. In particolare, i risultati dell'analisi topologica dell'analisi segmentaria appaiono in stretta relazione con l'analisi assiale, mentre i risultati dell'analisi metrica differiscono in maniera significativa. Ciò è più visibile quando si guarda alla correlazione tra l'analisi assiale e l'analisi segmentaria.

Analisi	Scelta (tra interessi)		Integrazione (vicinanza)	
	Totale	Media	Totale	Media
Metrica	0.44	0.12	0.21	0.37
Topologica	0.74	0.92	0.23	0.99
Angolare	0.59	0.50	0.20	0.80

Tab. 1 - Coefficienti di correlazione (valori R2) di scelta e Correlazione per studiare la correlazione fra l'analisi segmentaria e l'analisi assiale

Nella tabella (vedi Tab. 1), i coefficienti di correlazione (R2) sono calcolati per tutte le coppie di misurazione per esempio scelta nell'analisi assiale con scelta nell'analisi metrica segmentaria. Dalla tabella illustrata si ricava che per la misurazione della scelta, tanto per il totale che per la media, il riepilogo della analisi topologica mostra una stretta correlazione fra l'analisi assiale e l'analisi segmentaria, rispettivamente $R2=0,74$ e $R2=0,92$.

Similmente si applica a una più ampia gamma per le somme totali della media della misurazione dell'integrazione ($R2 = 0,99$). Al contrario, la correlazione nell'analisi metrica è bassa per entrambe le rilevazioni, scelta e integrazione, in entrambi i totali ($R2=0,44$ e $R2=0,21$) e le somme totali della media ($R2=0,12$ e $R2=0,37$).

Riguardo alla correlazione nell'analisi angolare, i valori R2 mostrano debole correlazione sia nella somma ($R2=0,59$) che nelle somme totali della media ($R2=0,50$). Come per la valutazione dell'integrazione nell'analisi angolare, i totali delle somme mostrano debole correlazione ($R2=0,20$), mentre il rispettivo valore medio mostra forte correlazione ($R2=0,80$).

Così nello specifico caso di studio, l'analisi segmentaria topologica appare simulare meglio l'analisi sintattica dello

spazio urbano, e così prefigura le densità del traffico pedonale.

3. Limitazioni nella prefigurazione delle densità del traffico pedonale

La coincidenza geografica del centro storico della città con il centro degli affari, e in particolare essendo la precedente facente parte della più recente implica la formazione di uno sviluppo urbano molto vivibile nel cuore della città. Riguardo al centro della città, le elevate densità del traffico pedonale caratterizzano le strade che possono essere adeguatamente analizzate nei termini sintattici dalla stessa modalità di integrazione, che copre in maniera intensa l'intera area centrale.

Tuttavia, la correlazione fra i valori di integrazione e le densità di movimenti pedonali che è stata empiricamente osservata non è considerevole per aree particolari dello studio, per esempio Hermou Street che è una significativa strada pedonale commerciale di Atene o Adrianou Street, che è una strada importante come attrazione turistica. Ulteriori incoerenze sono state osservate nell'area periferica, dove i valori di integrazione sono bassi (vedi Fig. 2b), sebbene certe strade mostrino densità molto alte di traffico pedonale. Queste strade ospitano specifici usi del territorio e attività che attraggono i pedoni, per esempio attività commerciali, servizi amministrativi, etc...

La maggiore incoerenza della misura dell'integrazione delle densità pedonali rispetto all'osservazione empirica appare in: (a) le maggiori strade commerciali (per esempio Hermou. Athina, Ifestou) (b) strade e piazze che ospitano caffè popolari, bar e ristoranti (per esempio Skoufa Street in Kolonaki, Agion Anargyron a Psri, Heraclion street a Thissio), (c) strade di interesse storico e turistico (Apostolou Pavlou, Adrianou street, etc.) e (d) strade che ospitano utilizzi popolari del territorio che attraggono pedoni per esempio corti, musei, università, stazioni principali degli autobus etc... Queste incoerenze possono essere parzialmente interpretate a causa dell'irregolare tessuto urbano, specialmente nell'area storica della città. In ogni caso, in questi spazi, in particolare, l'alta densità dei movimenti pedonali non può essere completamente interpretata attraverso l'integrazione o altre variabili spaziali sintattiche, poiché anche altri fattori influenzano le scelte del traffico pedonale.

Un significativo fattore è l'esistenza di utilizzi del territorio e di attività che fungano da attrattori di traffico pedonale. In altre parole, non è solo la sintassi di questi spazi che determina il traffico pedonale, ma anche altri fattori.

Simili conclusioni sono state effettuate in altri studi, come per esempio nel lavoro di Ozbil e altri [12], dove l'osservazione dei dati ad Atlanta ha fornito meno forti correlazioni rispetto a quelle preventivamente ottenute da simili studi a Londra [6] o in città greca [7].

4. Conclusioni e ulteriori ricerche

Questo elaborato esplora le proprietà sintattiche di un tessuto urbano in modo da interpretare e prevedere con accuratezza le densità di traffico pedonale, in modo da determinare uno strumento metodologico decisionale indirizzato ad una pianificazione urbana sostenibile.

L'inefficacia del quadro sintattico nell'interpretare le densità di traffico pedonale in particolari strade ed aree è dovuta al fatto che il traffico pedonale è studiato esclusivamente dentro il contesto di proprietà sintattiche e di impianti del sistema urbano, senza prendere in conto altri fattori spaziali che influenzano le scelte dei pedoni. Tuttavia, la ricerca empirica mostra come particolari usi ed attività del territorio tendono ad attrarre pedoni nell'area locale al di là di quel che suggeriscono la loro collocazione sintattica e le loro caratteristiche all'interno del sistema spaziale di un'area più larga o della città. Sulla base di questa percezione, l'area di studio può essere considerata come un sistema di "attrattori", per esempio usi del territorio che attraggono traffico pedonale.

Un'ulteriore sfida è quantificare la misura dell'attrazione, attraverso particolari 'pesi' dei valori in relazione al significato di ogni attrattore; un esplicito modo per implementare ciò è ottenere dati sulla media dei visitatori per settimana o per mese e creare un indicatore di prossimità per lo specifico uso del territorio.

Un approccio più generico consiste nello sviluppare una formula che calcoli, dentro uno specifico intervallo, l'indicatore di prossimità di una specifica categoria di uso dei territori, sebbene questo metodo, una mappa della dimensione di prossimità, possa essere prodotto e incorporato nella mappa di integrazione di uno spazio sintattico in modo da prevedere in maniera efficiente il traffico pedonale ed eliminare le incoerenze.

Un'ulteriore ricerca include come area di lavoro nella modalità di osservazione del traffico pedonale in un campione mirato di strade, anche se 'porte' strategiche dell'area di studio, in modo da verificare i risultati della simulazione. Infine, naturalmente, l'analisi delle simulazioni in altre aree di studio è importante per determinare la validità dello strumento metodologico.

Bibliografia

- [1] Chiesura A., *The role of urban parks for the sustainable city*. In: Landscape and Urban Planning, pp. 129 - 138, 2004
- [2] Talav Era R., *Improving pedestrian accessibility to public space through Space Syntax Analysis*. In: Proceedings: 8th International Space Syntax Symposium Santiago, PUC, Paper ref no 8223. pp. 1 - 16, 2012
- [3] Law S., Chiaradia A., Schwander C., *Towards a multi-modal Space Syntax analysis*. In: Proceedings: 8th International Space Syntax Symposium Santiago, PUC, Paper ref no 8021, pp. 1 - 20, 2012
- [4] Topçu M., Topçu K.D., Kubat A.S., *Movement Economy Dependent of Urban Design*. In: Proceedings: 6th International Space Syntax Symposium, Istanbul. pp. 1 - 6, 2007
- [5] Read S., *Flat City: space syntax derived urban movement network model*. In: 5th Space Syntax Symposium, Delft, 2005
- [6] Hillier B., Penn A., Hanson J., Grajewski T., Xu J., *Natural movement or configuration and attraction in urban space use*. In: Environment and Planning B: Planning and Design, Pion, Brondesbury, Vol. 20, pp. 29 - 66, 1993
- [7] Peponis J., Hadjinikolaou E., Livieratos C., Fatouros D.A., *The Spatial core of urban culture*. In: Ekistics, n. 334 - 335, pp. 43 - 55, 1989
- [8] Hillier B., Burdett R., Peponis J., Penn A., *Creating Life: or does architecture determine anything?* In: Architecture and Behaviour, special issue on the work of the Unit for Architectural Studies, Bartlett School of Architecture and Planning, University College London, pp. 233 - 250, 1987
- [9] Choi E., Koch D., *Movement and the connectivity of streets: A closer look at route distribution and pedestrian density*. In: Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium, pp. 1 - 11, 2015
- [10] Choi E., Sardari Sayyar, S., *Urban diversity and pedestrian behavior - Refining the concept of land-use mix for walkability*. In: Proceedings of the 8th International Space Syntax Symposium, Paper ref no. 8073, pp. 1 - 15, 2012
- [11] Fatah Gen Schieck A., Briones C., Mottram C., *Exploring the Role of Place within the Urban Space: The Urban Screen as a socialising platform*. In: Mediacity: Situations, Practices and Encounters, by Frank Eckardt et al. ISBN 978-86596-182-2. pp. 285 - 294, 2008
- [12] Özbil, A., Peponis, J., *Modeling Street Connectivity and Pedestrian Movement According to Standard GIS Street Network Representations*. In: Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium, İstanbul, p. 1-10, 2007
- [13] Hillier B., Lida S., *Network effects and psychological effects: a theory of urban movement*. In: Proceedings: 5th International Space Syntax symposium, pp. 553 - 564, 2005
- [14] Hillier B., *Cities as movement economies*. In: Hillier, B. Space is the machine, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 111 - 137, 1996
- [15] Organization for the Master Plan and Environmental Protection of Athens (ORSA), *Strategic Plan for Athens - Attica 2021*, 2011

