

MOVIMENTI INDIVIDUALI E CITTÀ. MAPPE, PERCORSI, NUOVE TECNOLOGIE

Giuseppe BORRUSO¹

SOMMARIO

L'articolo presenta i primi risultati di una ricerca volta ad analizzare i movimenti individuali nelle aree urbane dal punto di vista del trasporto privato automobilistico, derivandone mappe, percorsi, asimmetrie, punti di rottura.

L'idea alla base della ricerca riguarda il monitoraggio, quotidiano e su un orizzonte temporale di sei mesi, dei reali percorsi di individui negli spostamenti per motivi legati a lavoro, tempo libero, altre occupazioni, riguardanti i luoghi diversi di una città. Partendo da una banca dati di spostamenti individuali (*activity diary data*), nella presente ricerca sono stati tracciati i percorsi automobilistici urbani ed extraurbani di una serie di individui da e verso i luoghi di residenza, lavoro, svolgimento di attività legate al tempo libero, impegni familiari, ecc. Dotando i veicoli di ricevitori GPS portatili in grado di registrare i movimenti, è stato possibile ricostruire in modo preciso i percorsi, e successivamente analizzarli in un ambiente GIS, sfruttando le potenzialità di questi ultimi in termini analitici e di rappresentazione.

¹ DEAMS, Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche "Bruno de Finetti", Università degli Studi di Trieste, via A. Valerio, 4/1, 34127, Trieste, e-mail: giuseppe.borruso@econ.units.it.

1 Introduzione²

Le tecnologie a contenuto geografico e la loro diffusione consentono ormai anche a non esperti l'acquisizione di dati di posizione, precisi e collegabili naturalmente a luoghi, azioni, comportamento da parte di individui o gruppi. Dispositivi mobili quali telefoni cellulari, macchine fotografiche digitali consentono sempre più una localizzazione precisa, grazie alle coniugate tecnologie di posizionamento consentite da sistemi globali di navigazione (GNSS, di cui il GPS rappresenta la più nota e diffusa manifestazione), mentre la loro comunicazione e diffusione viene accentuata. Ciò sembra consentire una democratizzazione dell'informazione geografica, grazie al fatto che utenti non necessariamente esperti di tematiche geografiche riescono a creare contenuti 'geografici' che lasciano un loro segno, virtuale ma non per questo meno importante. Gli strumenti di informazione geografica subiscono quindi una sorta di sdoganamento, in quanto non più disponibili e utilizzabili solo da personale molto specializzato (che tuttavia rimane importante per le operazioni e analisi più complesse) ma anche dal vasto pubblico che usa agilmente le più recenti e diffuse tecnologie ICT.

Alcuni autori hanno codificato il termine nella dizione 'informazione geografica volontaria' (VGI - Volunteered Geographic Information) a sottolineare la costruzione 'dal basso', ovvero da parte degli utilizzatori stessi, dei contenuti a carattere geografico. Numerose sono le implicazioni di tali comportamenti "distribuiti e collaborativi", ma senz'altro un aspetto particolarmente interessante risiede nella possibilità e nell'opportunità fornita da questo tipo di informazione territoriale di trasformarsi in una conoscenza geografica, soprattutto con riferimento ai comportamenti degli individui, alla loro relazione con lo spazio (e gli spazi) abitualmente frequentati.

Informazioni di tipo volontario o comunque acquisite grazie alla collaborazione degli individui stessi diventano molto importanti per la comprensione di diversi aspetti legati alla società e all'economia odierna. In particolare, lo studio delle attività umane nel tempo e nello spazio è molto importante nella ricerca relativa ai trasporti, e le limitazioni derivanti dall'utilizzo di metodi e dati statistici convenzionali incoraggiano l'analisi spazio-temporale delle attività umane. In tal senso pertanto, diventa importante analizzare non soltanto i percorsi tra località diverse, ma anche inserendoli nel contesto temporale in cui si collocano.

Gli attuali strumenti disponibili in termini di acquisizione e analisi dell'Informazione Geografica, in particolare i sistemi di posizionamento satellitare (GPS) e sistemi informativi territoriali (SIT – GIS) consentono di tracciare nello spazio e nel tempo i movimenti

² Le elaborazioni di dati e le analisi sono state realizzate con il software Intergraph GeoMedia Professional 6.1 e l'estensione Grid nel contesto dell'accordo di collaborazione RRL (*Registered Research Laboratory*) tra il Dipartimento di Scienze della Formazione e dei Processi Culturali dell'Università degli Studi di Trieste e Intergraph.

individuali, di analizzarli e di rappresentarli, evidenziando quindi, tra gli altri elementi, diversi luoghi di concentrazione (densità) di attività e le diverse separazioni spaziali tra luoghi.

Dai dati ottenuti è, infatti, possibile derivare diversi elementi, quali ad esempio i punti di interesse (origine – destinazione) dei vari percorsi, le rotte scelte e, nell'ambito di queste, arrivare a una mappatura dell'area urbana in cui risultano evidenti i luoghi maggiormente 'densi', indicativi di rallentamenti lungo i percorsi (derivanti da fenomeni quali la congestione da traffico o dalla struttura viaria), e le asimmetrie nella percezione degli spazi urbani derivanti dalle diverse velocità di percorrenza, vie obbligate e scelte individuali.

Ne derivano informazioni 'dal basso' relative alla mobilità e all'utilizzo degli spazi (stradali) urbani per le attività individuali, utili per la costruzione di mappe della città basate su reali utilizzi dei suoi ambienti. L'occasione è altresì quella di un utilizzo qualitativo e quantitativo del dato geografico – localizzativo e degli strumenti di analisi geografica, nonché il luogo per proporre da un punto di vista di policy urbana in modo più coordinato la raccolta di dati individuali sugli schemi di mobilità, utili per una migliore pianificazione dei sistemi viari e di mobilità alternativa a quella privata.

2 La ricerca

Il rapido sviluppo nella disponibilità e nell'accesso a informazioni di carattere territoriale in una varietà di aree ha spinto la necessità di ricorrere a migliori tecniche di analisi per comprendere i diversi fenomeni. In particolare, l'osservare le aree in cui eventi di qualche tipo tendono a concentrarsi può risultare utile per identificare aree con caratteristiche comuni.

In questo articolo si presenta una procedura basata sulla densità per evidenziare gruppi di elementi all'interno di un database, e in particolare l'analisi rappresenta un primo sguardo all'interno di una quantità di dati geografici, acquisiti da in qualità di movimenti individuali, ovvero percorsi giornalieri che toccano l'abitazione, i luoghi di lavoro, i luoghi del tempo libero, ecc. L'analisi viene pertanto sviluppata a partire da dati puntuali che corrispondono a tracce GPS registrate sia lungo un medesimo percorso in giornate differenti, sia lungo diverse traiettorie nell'arco di una settimana, quali esempi delle analisi effettuabili e dei risultati osservabili a partire da questa tipologia di dati. L'intento principale in questa fase, in cui non sono stati ancora esaminati ancora completamente i dati relativi all'intero database acquisito (6 mesi circa di misurazioni giornaliere) è di esplorare la presenza di 'zone dense' lungo un percorso, cercando pertanto di comprendere le origini e le motivazioni alla base di tali caratteristiche – che generalmente possiamo rimandare a sostanziali rallentamenti o soste lungo il percorso – per comprendere meglio la struttura della rete e di quanto avviene su di essa. Inoltre l'intento è quello di realizzare, in stadi più avanzati della ricerca, mappe della fluidità del traffico e dell'accessibilità, grazie alla conoscenza dei tempi di viaggio impiegati dagli utenti nelle diverse aree della città.

3 L'area di studio e i dati utilizzati

La ricerca è stata sviluppata prevalentemente nell'ambito della provincia di Trieste, avendo acquisito dati GPS giornalieri relativi a spostamenti individuali, prevalentemente utilizzando l'automobile, per un totale di 6 mesi, nel periodo compreso tra luglio 2010 e gennaio 2011 (Borruso, Schoier 2011).

In questa prima fase della ricerca l'attenzione si è concentrata prevalentemente nell'esaminare la presenza di 'punti caldi' nell'ambito di un insieme di dati lineari, ovvero quelli rappresentati dalle tracce GPS. I 'punti caldi' si caratterizzano quali luoghi 'densi', ovvero in cui è riscontrabile una elevata densità di punti registrati. Trattandosi di dati GPS acquisiti a intervalli di tempo regolari, è facile infatti stabilire una relazione tra una maggiore vicinanza di singole posizioni acquisite e un rallentamento del veicolo, mentre al contrario punti maggiormente distanziati significano una più elevata velocità di percorrenza sulla rete. L'obiettivo ultimo del lavoro di ricerca consiste quindi nella visualizzazione di diverse 'forme' della città e percezioni della stessa come possono derivare dall'utilizzo del mezzo di trasporto privato, spesso distorsivo delle caratteristiche urbane, osservabili come asimmetrie direzionali e diverse velocità e tempi di percorrenza tra i diversi luoghi della città. La realizzazione di carte della fluidità del traffico nonché l'evidenziazione dei luoghi (e delle ore) di congestione rappresentano altresì gli obiettivi della più ampia ricerca in corso, oltre che l'analisi dei comportamenti individuali in termini di mobilità. Ciò potrebbe consentire il suggerimento di azioni mirate sulla rete viaria per limitare i fenomeni di congestione, nonché l'adozione di politiche della mobilità volte a incentivare, ove possibile, forme di trasporto e movimento alternative all'utilizzo del mezzo automobilistico privato.

Ci si è focalizzati qui su una serie limitata di dati, concentrandosi su percorsi limitati quanto a varietà e numerosità, in cui sono state testate soprattutto analisi di densità volte a evidenziare i 'punti caldi' sulla rete, al fine di testare la metodologia e poter studiare e osservare in modo più approfondito i risultati ottenuti.

Le tracce GPS sono state acquisite da un ricevitore commerciale sotto forma di dati puntuali, in cui sono state registrate le coordinate geografiche, il momento del rilievo, la distanza e la velocità rispetto al punto precedente. La registrazione è stata effettuata in modo tale che ogni traccia corrispondesse a uno spostamento da un punto di origine a un punto di destinazione finale o punto di sosta. In questo modo, oltre che registrare i singoli percorsi, risulta possibile ottenere una banca dati di origini e destinazioni, da considerare successivamente nelle analisi più dettagliate sui comportamenti individuali³.

Si sono utilizzate tracce diverse per evidenziare alcune caratteristiche della rete. In particolare una prima analisi ha riguardato un singolo percorso sempre sulla medesima tratta, realizzato

³ I dati sono stati registrati nel formato di interscambio dati GPS *.gpx e successivamente convertiti in un formato leggibile dai principali software GIS, ove successivamente si è proceduto alle varie elaborazioni.

da un medesimo individuo, acquisito in tre giornate differenti. In un secondo caso l'analisi ha riguardato i percorsi totali realizzati in una settimana, sempre da un singolo individuo.

La base dati di partenza è visualizzabile nella figura 1, dove sono visualizzati i percorsi relativi alla settimana dal 5 al 12 ottobre, svolti tutti all'interno della provincia di Trieste. I percorsi riguardano prevalentemente spostamenti tra una serie limitata di luoghi, ovvero un'abitazione (*Home 1* nell'immagine), il luogo di lavoro (*university*), asilo nido dei figli (*nursery*), luoghi del tempo libero (*gym*) e una seconda abitazione (*Home 2*). I percorsi riguardano una combinazione di tratte urbane, periurbane ed extraurbane, queste ultime effettuate su circonvallazioni o superstrade a due corsie.



Figura 1 – La prima serie di dati: percorsi individuali nella settimana 5 - 12 ottobre 2010 e punti di interesse

Nella figura 2 viene inoltre rappresentata una parte dei medesimi dati di partenza, in formato tabulare, prima della conversione in elementi cartografici, in cui sono evidenziate le coordinate geografiche e gli altri elementi presenti nel database relativi ai diversi percorsi nelle varie giornate.

Indice	ora	lunghezza	durata	km_h	direzione	n_percorsi	Lat	Long
2	05/10/2010 16.47			0.00.01 24 km/h	52° vero	1	45.65902	13.79663
3	05/10/2010 16.47	5 m		0.00.01 16 km/h	68° vero	1	45.65907	13.7967
4	05/10/2010 16.47	8 m		0.00.01 29 km/h	53° vero	1	45.65907	13.79677
5	05/10/2010 16.47	7 m		0.00.01 26 km/h	33° vero	1	45.65912	13.79685
6	05/10/2010 16.47	8 m		0.00.01 29 km/h	47° vero	1	45.65917	13.7969
7	05/10/2010 16.47	7 m		0.00.01 27 km/h	43° vero	1	45.65922	13.79697
8	05/10/2010 16.47	8 m		0.00.01 28 km/h	44° vero	1	45.65927	13.79703
9	05/10/2010 16.47	8 m		0.00.01 30 km/h	42° vero	1	45.65932	13.7971
10	05/10/2010 16.47	9 m		0.00.01 33 km/h	46° vero	1	45.65937	13.79717
11	05/10/2010 16.47	10 m		0.00.01 36 km/h	41° vero	1	45.65943	13.79725
12	05/10/2010 16.47	10 m		0.00.01 35 km/h	45° vero	1	45.6595	13.79735
13	05/10/2010 16.47	10 m		0.00.01 35 km/h	48° vero	1	45.65957	13.79743
14	05/10/2010 16.47	11 m		0.00.01 40 km/h	44° vero	1	45.65962	13.79753
15	05/10/2010 16.47	11 m		0.00.01 40 km/h	49° vero	1	45.6597	13.79763
16	05/10/2010 16.47	11 m		0.00.01 40 km/h	50° vero	1	45.65975	13.79773
17	05/10/2010 16.47	12 m		0.00.01 42 km/h	51° vero	1	45.65982	13.79785
18	05/10/2010 16.47	12 m		0.00.01 44 km/h	49° vero	1	45.65988	13.79797
19	05/10/2010 16.47	12 m		0.00.01 43 km/h	49° vero	1	45.65995	13.79808
20	05/10/2010 16.47	12 m		0.00.01 43 km/h	50° vero	1	45.66003	13.7982
21	05/10/2010 16.47	11 m		0.00.01 40 km/h	55° vero	1	45.66011	13.79832
22	05/10/2010 16.47	12 m		0.00.01 43 km/h	56° vero	1	45.66015	13.79843
23	05/10/2010 16.47	13 m		0.00.01 48 km/h	55° vero	1	45.66022	13.79855
24	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 50 km/h	53° vero	1	45.66028	13.7987
25	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 50 km/h	50° vero	1	45.66035	13.79883
26	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 50 km/h	49° vero	1	45.66043	13.79897
27	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 51 km/h	46° vero	1	45.66052	13.7991
28	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 51 km/h	44° vero	1	45.6606	13.79923
29	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 50 km/h	45° vero	1	45.6607	13.79937
30	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 49 km/h	46° vero	1	45.66078	13.79948
31	05/10/2010 16.47	13 m		0.00.01 48 km/h	45° vero	1	45.66087	13.79962
32	05/10/2010 16.47	14 m		0.00.01 50 km/h	44° vero	1	45.66095	13.79973
33	05/10/2010 16.47	12 m		0.00.01 45 km/h	49° vero	1	45.66105	13.79987

Figura 2 – Parte della serie di dati utilizzati nel primo esempio. Coordinate GPS e momento di acquisizione del dato (settimana 5 – 12 ottobre 2010)



Figura 3 – Serie di dati utilizzati nel secondo esempio. Punti GPS e linee dei tracciati su medesimo percorso (23, 24, 30 agosto e 1 settembre 2010)

La seconda serie di dati utilizzata nel presente lavoro (figura 3) riguarda invece singoli percorsi effettuati su un medesimo tracciato, effettuati in giorni diversi (23, 24 e 30 agosto; 1

settembre). Il percorso è stato scelto in quanto presenta varie caratteristiche della rete viaria, ovvero una combinazione di strade urbane, periurbane ed extraurbane, ove pertanto sono possibili velocità e tempi di percorrenza differenti nonché problematiche diverse legate a congestione o incroci particolari. Ciò ha consentito di simulare nell'ambito di un singolo percorso diverse situazioni in cui dei raggruppamenti di elementi puntuali possono essere evidenziati, attribuibili sostanzialmente a varie tipologie di rallentamento nel flusso del traffico dovuto alla presenza di incroci principali, piuttosto che a fenomeni di congestione veri e propri.

4 L'analisi sviluppata

In questa fase della ricerca si è voluto concentrarsi su alcuni singoli aspetti relativi alle caratteristiche dei percorsi, e per questo motivo l'analisi è stata limitata a pochi casi nonché a una sola metodologia di indagine, volta in particolare a evidenziare la presenza di luoghi 'densi' lungo la rete e pertanto passibili di maggiore attenzione. L'analisi più quantitativa ha dunque l'obiettivo di evidenziare i 'punti caldi', sui quali successivamente diventa possibile effettuare dei ragionamenti di carattere più qualitativo legati alla struttura della rete.

Partendo dal fatto che i percorsi considerati risultano composti da insiemi di punti, sotto forma di coordinate geografiche, distanziati temporalmente in modo regolare, si è adottato un metodo di stima della densità dedicato a osservare schemi distributivi nella distribuzione di eventi puntuali nello spazio. In particolare quindi l'attenzione si è concentrata sulla *Kernel Density Estimation* (KDE), che si presenta come una funzione a tre dimensioni che stima gli eventi all'interno di un raggio di azione, o soglia (τ) e pesandoli a seconda della loro distanza dal punto di stima. (Gatrell et al, 1996), con $\hat{\lambda}(s)$ l'intensità nel punto s , s_i è l' i -esimo evento, e $k()$ rappresenta la funzione *kernel* vera e propria.

$$\hat{\lambda}(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) \quad (1)$$

Il risultato dell'applicazione della funzione è pertanto una carta delle stime della densità, in cui aree dal colore più intenso sono quelle in cui il fenomeno puntuale osservato si manifesta in maniera più evidente e più concentrata⁴. Fattore importante è l'ampiezza della soglia: più questa risulta ampia e più il fenomeno puntuale risulta diluito nello spazio, mentre una minore ampiezza può evidenziare dei 'picchi' locali e quindi concentrazioni a minore raggio. Nell'analisi sono state testate diverse ampiezze di banda: 100, 44 e 25 m. La prima tende a diluire eccessivamente il fenomeno, mentre le altre due, 25 m in particolare, sembrano utili

⁴ Con riferimento all'analisi spaziale basata su KDE Epanechnikov (1969), Silverman (1986), Gatrell (1994), Bailey, Gatrell (1996), Gatrell et al (1996), mentre sulla *point pattern analysis* in generale si vedano Brunson (1985), Cressie (1993), O' Sullivan e Unwin (2003). Sugli 'hot spot' o punti caldi vedere soprattutto Chainey et al. (2002). Recenti applicazioni della funzione KDE possono essere trovati in Schoier, Borruso (2003) e Danese et al. (2008). Un'attenzione più specifica alle reti e alle analisi di densità della distribuzione di eventi puntuali sulla rete può essere trovata in Yamada, Thill (2004), Okabe, Satoh (2006) e (Borruso (2005; 2008).

per evidenziare delle aree di concentrazione locali di punti. Aree più dense pertanto possono essere interpretate in diverso modo. Nel caso di dati relativi a più percorsi sovrapposti, aree dense possono evidenziare luoghi maggiormente ‘visitati’, e quindi in un’analisi aggregata evidenziare quelle parti della rete viaria urbana dove il transito è più frequente. Nel caso di singoli percorsi invece, la densità sta a indicare una maggiore vicinanza dei punti e quindi, dato un intervallo temporale di acquisizione costante, una minore velocità di transito lungo la rete, e quindi un rallentamento dovuto alla presenza di incroci ‘importanti’ o fenomeni di congestione.



Figura 4 – densità dei percorsi complessivi (ottobre 2010)

La figura 4 illustra i primi risultati dell’analisi di densità applicata alla più ampia estensione di dati, ovvero sui percorsi totali in una settimana di acquisizione di dati. Le aree più chiare risultano quelle più visitate, ovvero percorse più frequentemente, mentre singoli punti o ‘macchie’ a dimensione ridotta in cui la tonalità è più intensa evidenziano rallentamenti.

La visualizzazione in figura 4 è soltanto esemplificativa delle possibilità di analisi, in quanto la copertura della rete viaria urbana è limitata nel tempo e come estensione della rete (come evidente dalla effettiva copertura delle strade percorse rispetto al complesso del sistema viario

urbano) ma fornisce già dei suggerimenti in termini di aree più interessanti in quanto potenziali punti di ‘frattura’ o di frenata nel sistema viario.



Figura 5 – l’analisi di densità sviluppata su singoli percorsi

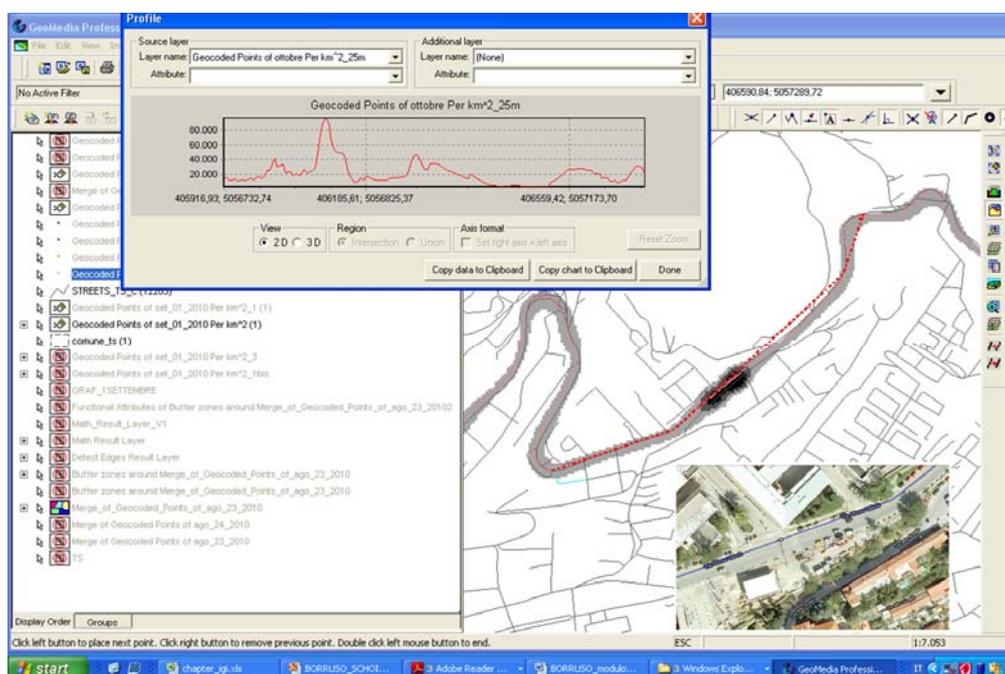


Figura 6 – ‘punti caldi’: profili e immagini

Quest'ultimo elemento risulta più chiaro limitando ulteriormente l'analisi a percorsi limitati a singole tratte (es. uno spostamento casa – asilo nido) quale evidenziato dall'esempio relativo alle giornate del 23, 24 e 30 agosto e 1 settembre.

La figura 5 illustra l'analisi di densità applicata al percorso in una delle giornate (1 settembre). Si tratta di una tratta di 13.575 metri per un totale di 1.059 punti. L'analisi di densità basata sulla funzione KDE evidenzia principalmente sei aree più scure localizzate in punti diversi del percorso. Il percorso ha il suo punto di origine nella parte nordoccidentale della carta e termina in quella sudorientale. Le aree 'dense' sono evidenziabili nella parte più settentrionale della carta poco dopo l'avvio del percorso, mentre altre sono evidenziabili in quella meridionale e in maniera più marcata. Rispetto al resto della rete. Si nota infatti come nella prima parte del percorso, al di là del primo raggruppamento, siano visibili parimenti delle aree scure, mentre nella seconda parte i punti più densi spiccano rispetto a tutto il resto del percorso. Ciò è esemplificativo del fatto che nella prima parte del percorso si viaggia su un percorso prevalentemente urbano e trafficato, mentre via via che ci si allontana aumenta la velocità di percorrenza (evidenziata da aree poco dense) e più visibili risultano i rallentamenti o aree scure, che generalmente corrispondono a incroci tra vie di scorrimento principali. Nell'ultima parte del percorso ci si trova in un'area più densamente edificata e urbanizzata e infatti più elevata risulta la densità generale nonché i punti di rallentamento.

Un approfondimento può essere fatto sul primo 'punto caldo' del percorso, illustrato in figura 6. Oltre a uno zoom sul percorso è evidenziabile il 'profilo della densità' della tratta e un'immagine aerea del punto. L'area più scura evidenzia un tratto di strada vicino alla sede centrale dell'Università di Trieste, in prossimità della fermata degli autobus e dei principali varchi ai parcheggi riservati ai dipendenti. Vi è inoltre la presenza di un distributore di benzina in prossimità dei precedenti elementi. Considerando il momento di acquisizione del percorso (1 settembre, mattina) un traffico veicolare intenso è presente, nonché un elevato numero di utenti del servizio di trasporto pubblico a scendere dai mezzi e pertanto causando un rallentamento al traffico veicolare. La schermata evidenzia il profilo della densità, esemplificativo dell'andamento generale della velocità di percorrenza lungo il medesimo percorso. I picchi nella curva presentano pertanto rallentamenti più o meno consistenti, che si traducono, a livello cartografico, nelle aree più scure.

5 Prime conclusioni e future direzioni di ricerca

Nell'articolo sono stati presentati i primi risultati dell'analisi basata su percorsi effettuati in automobile acquisiti tramite un ricevitore GPS, concentrandosi su alcuni esempi di dati di spostamento individuale. L'opinione è che analisi su questa tipologia di dati possano consentire delle comprensioni più approfondite sulle reali caratteristiche della città in termini del suo traffico e della percorrenza delle strade da parte degli utenti. Il 'punto di vista

automobilistico' può consentire pertanto di evidenziare luoghi di rallentamento, punti critici e di frattura nella rete urbana. L'analisi qui sviluppata si è in questa fase limitata a testare una metodologia per evidenziare i punti caldi sulla rete e a darne un'interpretazione. Si sono scelte delle estensioni limitate dei dati, dove è stato possibile fornire delle interpretazioni di tale densità, ovvero come le aree maggiormente percorse durante i numerosi percorsi di un individuo nella città, nonché i luoghi di rallentamento.

I primi risultati sembrano promettenti per i futuri sviluppi della ricerca. In particolare l'estensione dell'analisi all'intero database dei percorsi potrebbe consentire di evidenziare a livello urbano i punti caldi sulla rete, da confrontare con altre tipologie di dati (es. incidentalità) nonché per confronti su azioni di *policy* della mobilità.

La ricerca è stata altresì utile per un test delle possibilità di utilizzo quali-quantitativo degli strumenti GIS e di analisi spaziale. I dati acquisiti risultano infatti numerosi e ampi, difficili da leggere senza filtri ed elaborazioni riassuntive. Si è visto come la metodologia applicata possa consentire una prima consistente scrematura dei dati e, come si è visto, per evidenziare 'punti caldi' sulla rete. Questi ultimi possono poi essere esaminati con maggiore attenzione dal punto di vista qualitativo, inserendoli nel contesto territoriale in cui si verificano (es. presenza di una struttura universitaria, parcheggi di interscambio e altri elementi di frizione della mobilità) e cercando quindi di fornire interpretazioni non limitate all'analisi dei dati ma ai vari fattori che possono influenzare il comportamento e le scelte di chi si muove con il mezzo privato.

6 Bibliografia

- Bailey T. C. e Gatrell A. C. (1996) *Interactive Spatial Data Analysis*. Edinburgh: Addison Wesley Longman.
- Borruso G. (2005) Network Density Estimation: Analysis of Point Patterns over a Network. In: Gervasi, O., Gavrilova, M.L., Kumar, V., Lagan'a, A., Lee, H.P., Mun, Y., Taniar, D., Tan, C.J.K., et al. (eds.) *ICCSA 2005. LNCS, vol. 3482*. Heidelberg: Springer. 126–132.
- Borruso G. (2008) Network Density Estimation: A GIS Approach for Analysing Point Patterns in a Network Space. *Transactions in GIS*, 12, 3: 377–402.
- Borruso G. e Schoier G. (2011) Individual Movements and Geographical Data Mining. Clustering Algorithms for Highlighting Hotspots in Personal Navigation Routes, in B. Murgante et al. (eds.): *ICCSA 2011, Part I, LNCS 6782, pp. 454–465, 2011*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag . 454-465.
- Brunsdon, C. (1985) Analysis of Univariate Census Data. In: Openshaw S. (ed.) *Census Users Handbook*. Cambridge: GeoInformation International. 213–238.
- Chainey S., Reid S., Stuart N. (2002) When is a hotspot a hotspot? A procedure for creating statistically robust hotspot maps of crime. In: Kidner D., Higgs G., White S. (eds.), *Socio-*

- Economic Applications of Geographic Information Science*. Innovations in GIS 9, Abington: Taylor & Francis.
- Cressie N. A. C. (1993) *Statistics for spatial data*. London: John Wiley & Sons.
- Danese M., Lazzari M., Murgante B. (2008), Kernel Density Estimation Methods for a Geostatistical Approach in Seismic Risk Analysis: the Case Study of Potenza Hilltop Town (southern Italy). In: Gervasi, O., Murgante, B., Lagan`a, A., Taniar, D., Mun, Y., Gavrilova, M.L. (eds.) *ICCSA 2008, Part I. LNCS*, vol. 5072, 415–429. Heidelberg Springer.
- Epanechnikov V. A. (1969) Nonparametric estimation of a multivariate probability density, *Theory of probability and its applications* 14, 153–158.
- Gatrell A. (1994) Density Estimation and the Visualisation of Point Patterns. In: Hearnshaw H.M., Unwin D. (eds.) *Visualisation in Geographical Information Systems*. Chichester: John Wiley & Sons. 65–75.
- Gatrell A., Bailey T., Diggle, P. Rowlingson B. (1996) Spatial Point Pattern Analysis and its Application in Geographical Epidemiology. *Transactions of the Institute of British Geographers* 2, 1256–1274.
- Koperski K., Han J., Adhikary J. (1998) *Mining Knowledge in Geographical Data*, ftp://ftp.fas.sfu.ca/pub/cs/han/pdf/geo_survey98.pdf.
- O’Sullivan D., Unwin D. J. (2003) *Geographic Information Analysis*. Chichester: Wiley.
- Okabe A., Sato T. (2006) Uniform Transformation for Points Pattern Analysis on a Non-uniform Network. *Journal of Geographical Systems*, 8, 25–37.
- Schoier, G., Borruso, G. (2004) A Clustering Method for Large Spatial Databases. In: Lagana’ A., Gavrilova M. L., Kumar V., Mun Y., Tan C. J. K., Gervasi O. (eds.) *ICCSA 2004*. LNCS, 3044, Heidelberg, Springer, 1089–1095.
- Silverman B. W. (1986) *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. London: Chapman Hall.
- Yamada I., Thill J. (2004) Comparison of Planar and Network K-functions in Traffic Accident analysis. *Journal of Transport Geography* 12, 149–158.