

Flussi di traffico e qualità della vita

Gaia Gullotta (*), Emanuele Loret (**), Maurizio Fea (***), Francesco Sarti (****)

(*) c/o ESA/ESRIN Frascati,

(**) c/o ESA/ESRIN Frascati,

(***) Associazione Geofisica Italiana (AGI),

(****) ESA/ESRIN, Frascati

gaiagullotta@gmail.com, loret@disp.uniroma2.it, maufea@gmail.com, Francesco.sarti@esa.int

Parole chiave: GIS, flussi di traffico, Land Use, attrattori, pianificazione urbana, KD Estimation

Abstract

Indirect estimation of traffic flows in urban areas can be achieved in a preliminary and not too expensive mode by using a geostatistical approach based on the identification of *attractor* points (offices, schools, markets, hospitals, etc.) and on the definition of their weight as a function of the number of motor vehicles that can be attracted in those specific points in different time ranges. The Kernel Density Estimation (KDE) has been used as a function to calculate traffic density considering also nodal points like traffic lights, crossroads and roundabouts. The result is a realistic representation of the "road congestion" obtained in a Geographic Information System. The study has targeted the area of some municipalities near Rome and has shown the close relationship between the intensity of vehicular traffic and the structure of the urban fabric. Finally, crossing these data with those relating to land use and land cover models of "congestion" have been analyzed as indicators of the "quality of the landscape" and "quality of life", thus providing a powerful tool for the detection of critical issues and possible actions for proper planning.

Premessa

Spesso l'analisi di sistemi complessi può scontrarsi con la penuria di dati sul campo dovuta a costi elevati e tempi troppo lunghi richiesti per una seria ricerca. Un modo per semplificare questi problemi può essere quello di individuare con certezza le aree da mettere sotto esame tramite una analisi informativa preliminare indiretta con costi e tempi contenuti.

Il traffico veicolare di un grande agglomerato urbano rappresenta un vero sistema complesso con flussi diretti in mille direzioni diverse e tempi variabili nelle 24 ore, un sistema che viene studiato utilizzando strumenti di misura dei flussi che generalmente vengono posti in atto attraverso le rotabili più importanti con tempi e personale addetto che richiedono costi non banali. I dati poi possono essere veramente difficili da stimare e questo viene fatto con simulazioni attraverso modelli matematico-statistici come quello "Cellular Automata" riferito agli studi di Von Neumann e S. Ulm (Maerivoet, De Moor, 2005) o quello delle "Kinematic Waves" con il modello LWR (Lighthill, Whitham 1955 e Richards, 1956) tanto per citarne alcune. Altri autori si concentrano su flussi semplificati "Origine - Destinazione" che tuttavia richiedono un punto di partenza e di arrivo certi quali possono essere quelli dei flussi di traffico pendolare tipici tra le principali città USA e le cittadine satelliti. Per le nostre città italiane ed in particolare Roma con il suo hinterland, le origini e le destinazioni possono essere molteplici dovute ad una crescita metropolitana senza una vera pianificazione e riflettenti allora una

dispersione urbana vero esempio di quel fenomeno detto "Urban Sprawl". Tante origini quindi ed altrettante destinazioni legate poi da una rete stradale ultra sviluppata che insieme rappresentano un sistema tanto complesso da rasentare in determinate situazioni di stress il caos e che proprio per questo richiedono per la loro analisi approcci probabilistici quali può essere il "metodo Montecarlo" (Kemper, 2005).

Anche questo tipo di metodologia richiede un impegno di studio, tempo e soldi che non sempre sono a disposizione. Allora una pianificazione preliminare attraverso la semplificazione del sistema potrebbe essere d'aiuto e ridurre tempi e costi di uno studio del fenomeno. Una situazione di frammentazione urbana molto spinta la ritroviamo nell'area metropolitana di Roma (Italy) dove abbiamo cercato di risolvere il problema della conoscenza del fenomeno dei flussi di traffico con un approccio indiretto e poco dispendioso legato alle tecniche dei Sistemi Informativi. Il metodo si propone di individuare le aree di crisi dei flussi veicolari attraverso la costruzione di un GIS centrato sul concetto di "attrattore di traffico", ovvero tutti quei punti dispersi sul territorio quali centri commerciali, istituti scolastici, uffici, centri di ricerca, ecc. che attirano il traffico in tempi diversi (Loret, 2010).

Area di studio

L'area del vulcano dei Colli Albani situata a circa 20 Km a sud-est dal centro di Roma è caratterizzata da una struttura calderica con un conetto centrale legata a grandi fasi eruttive, l'ultima delle quali ha prodotto tre crateri di esplosione di Albano, Nemi e Vallericcia, di cui i primi due occupati dagli omonimi laghi. Sui colli del vulcano sono sorti storicamente numerosi insediamenti urbani oggi sede di almeno 15 municipi che complessivamente concentrano più di 300.000 abitanti. L'area di studio da noi scelta copre la superficie di 2 comuni cardine per il traffico: quello di Frascati e quello di Grottaferrata. Da ed attraverso questi 2 comuni si svolgono intensi flussi di traffico basati su 2 assi principali quali la via Tuscolana e la via Anagnina e con un centro di gravità posto nel nodo di Squarciarelli.

L'intera area posta tra Roma ed i 2 comuni è ormai densamente urbanizzata ed attualmente senza più le interruzioni delle zone agricole che un tempo componevano il noto paesaggio della "campagna romana" (Loret, Gullotta, 2012). Il problema dei flussi di traffico è andato via via aumentando nel tempo in relazione all'aumento della popolazione, ma il fenomeno non è mai stato analizzato nei particolari non prendendo in considerazione il notevole traffico locale che si interpone al traffico di attraversamento, limitandosi a studi sulle strade più importanti tralasciando tutti quei rivoli di traffico che formeranno poi quel fiume di macchine in coda.

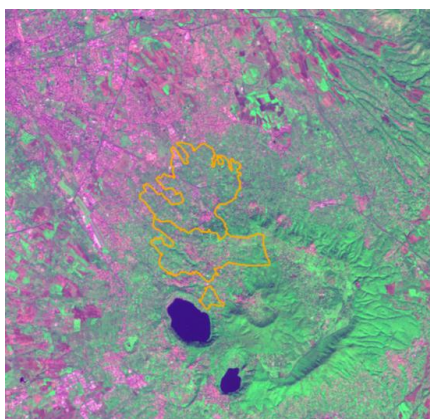


Figura 1. L'area del vulcano dei Colli Albani (Alban Hills volcano) e dei comuni presi in esame (Grottaferrata e Frascati); Immagine **Landsat TM 7,4,1 RGB – 08/1996**.

Materiali

Il lavoro è stato svolto presso ESA/ESRIN Frascati utilizzando i software di elaborazione immagini ERDAS/IMAGINE 9.1 e GIS ArcInfo 9.2. Alla base di questo studio c'è l'analisi di immagini satellitari, ortofoto e cartografie come da seguente tabella:

Immagine	Piattaforma	Bande	Risoluzione	Acquisizione
Ikonos 05.img	Ikonos	MS + PAN	1 m.	2005
Quickgps.tif	QuickBird	MS + PAN	0,61 m	02.2002
Spotresm.tif	SPOT 5	MS + PAN	5 m.	07.2002
Alos AV2.img	ALOS	MS + PAN	10 m	07.2008
Kompsat 08.img	Kompsat	MS + PAN	1 m.	08.2008
Ortofotocast.tif	Foto aerea	MS	0,50 m.	08.2008

Figura 2. Immagini satellitari e foto aeree utilizzate.

La cartografia si è basata su un mosaico di 21 sezioni della Carta Tecnica Regionale (CTR) del 1990. Sia le immagini che la cartografia sono state inserite nel sistema UTM ellissoide internazionale 1924 , European Datum 1950.

Le informazioni dedotte dalle immagini, cartografie e ortofoto ci hanno permesso di costruire una serie di Features classes vettoriali quali:

- Uso e copertura del suolo (scala 1:10.000) :
in questa classificazione della copertura e uso del suolo sono state considerate unità territoriali omogenee secondo la legenda Corine Land Cover 2000 ampliata al V livello per le aree naturali con una unità minima cartografabile di 500 mq per le aree antropiche e seminaturali e 300 mq per quelle naturali (Gullotta, 2010).
- mappa dell'indice di conservazione del paesaggio ILC (Pizzolotto, Brandmayr, 1996). ILC è un indice di conservazione ecologica con un valore che varia da 0 (aree con alto livello di presenza antropica) ad 1 (aree ad alto livello di conservazione naturale):

$$ILC = 1 - (A/A_{max}) \quad [1]$$

dove:

$A = (\sum x_i) - 100$; con x = percentuale cumulativa dell'area occupata dalla i -esima categoria e i = numero di classi della qualità ambientale;

Nel nostro studio il valore di A_{max} è pari a 700.

- Edifici nei due comuni considerati.
- Rete stradale comunale e intercomunale.

Metodologia e risultati

In mancanza di dati rilevati, abbiamo pensato di aggirare il problema elaborando un GIS basato su una metodologia indiretta centrata sugli "attrattori" di traffico attraverso misure di densità ed indicatori di congestione e qualità della vita.

Per "attrattore" intendiamo qualsiasi punto in una rete complessa che richiami flussi di traffico: centri commerciali, scuole, uffici, negozi, ecc. sono punti nel territorio che richiamano determinati numeri di persone in auto (peso da 1 a 10) in momenti determinati della giornata calcolati in ore totali. Di questi punti di attrazione ne sono stati individuati 259 .

Non abbiamo fatto un'analisi oraria puntuale su 24 ore ma un'analisi su un totale o sommatoria di ore di flusso. Quindi il **valore dell'attrattore** è stato calcolato considerando il prodotto del suo "peso" per il totale delle ore di traffico secondo la seguente formula :

$$V = \sqrt{PxT} \quad [2]$$

dove T = tempo in ore e P = peso (valutazione soggettiva della quantità di traffico attirato dal punto). E' stato possibile allora ricorrere alla funzione *Kernel density estimation* che fornisce la stima di un fenomeno puntuale producendo una superficie da un insieme di punti distribuiti su una regione di spazio. Questa funzione pesa i valori scelti entro la sua sfera d'influenza, a seconda della loro distanza dal punto in cui viene stimata l'intensità della distribuzione (Gatrell et al., 1996).

La densità o intensità della distribuzione degli attrattori nel punto **s** può essere definita dall'equazione:

$$\lambda(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) \quad [3]$$

dove $\lambda(s)$ indica la stima dell'intensità della distribuzione di punti misurata nel punto **s**, s_i è l'*i*-esimo evento (valore), **k** rappresenta la funzione di Kernel e τ la soglia che consente di ottenere superfici più o meno arrotondate.

La funzione KDE applicata all'attributo "Valore" ha fornito il risultato visualizzato nella figura 3. In seguito il file grid risultante è stato vettorializzato considerando le sue 10 classi di densità.

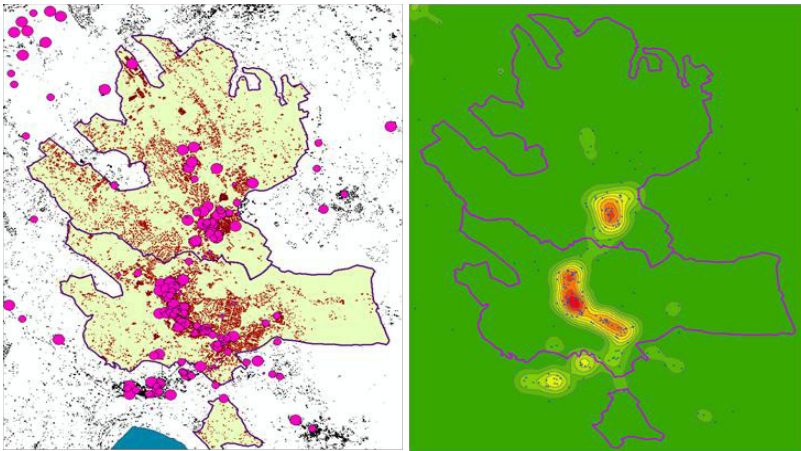


Figura 3. **A sinistra:** la distribuzione degli "attrattori" secondo il loro peso; **a destra:** distribuzione della **Kernel Density**.

Oltre ai punti di attrazione (*attrattori*) sono stati considerati i nodi di traffico (*Val nodo*) ovvero tutti quei punti come incroci semplici, incroci semaforici (es. "Crossroad a") o rotonde (es. Squarciarelli) dove il flusso delle auto è rallentato secondo i valori di un campo "classe" crescente da 1 a 10; di questi punti nodali ne sono stati inseriti 28. I valori di questi punti sono stati interpolati applicando la funzione IDW e creando una superficie grid, anche questa poi vettorializzata.

Densità di traffico e rallentamento per nodi sono stati sommati insieme per creare un nuovo campo chiamato "Congestione" (C), per cui:

$$C = \text{Val KDE} + \text{Val NODO} \quad [4]$$

Questi valori illustrano molto bene la situazione di massima della congestione del traffico nella zona. Con il termine "congestione" vogliamo descrivere l'aumento del traffico generato dalla densità dei punti di attrazione e la ricaduta degli effetti sulle zone nodali. Il risultato è una mappa, più complessa di quella risultante dalla sola analisi della Kernel Density, che rappresenta realisticamente la situazione del traffico veicolare e il disturbo che genera attraversando un'area densamente popolata.

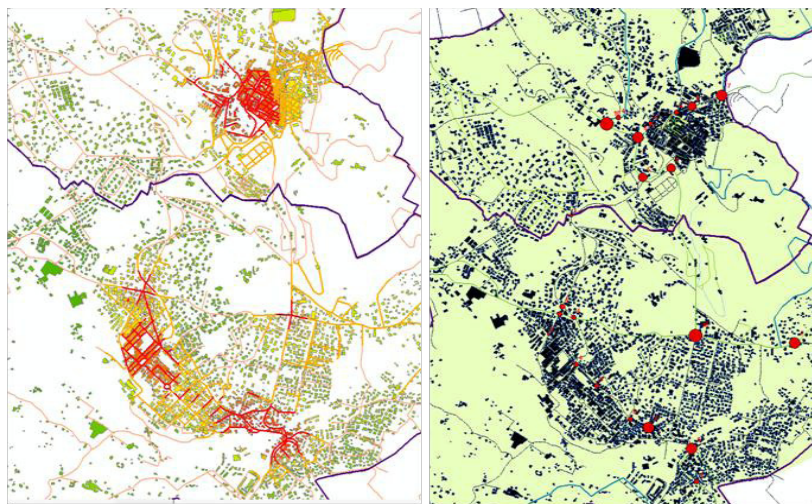


Figura 4. A sinistra: classificazione delle strade e degli edifici secondo i valori di congestione (rosso: valori max di congestione; verde: valori min di congestione). A destra: localizzazione in rosso dei punti nodali.

Intersecando i risultati dei valori di congestione con gli edifici nella zona e la rete stradale abbiamo ottenuto una mappa delle strade più congestionate e degli edifici più esposti ad inquinamento e rumore da traffico di autoveicoli, classificati con un codice di colori dal verde al rosso. Invece, attraverso l'intersezione dei valori di congestione con i valori delle classi di qualità ambientale delle aree relative all'uso e copertura del suolo abbiamo elaborato uno shapefile in cui si è potuta stimare la differenza tra i valori delle classi di qualità ambientale (ILC) e i valori di congestione del traffico. Sono state ottenute, quindi, le aree a diverso livello di disturbo antropico, ovvero le zone urbane a diversa qualità della vita (Q):

$$Q = (\text{ILCG} + \text{ILCF}) - C \quad [5]$$

dove:

ILCG= classi di qualità ambientale nel comune di Grottaferrata;

ILCF= classi di qualità ambientale nel comune di Frascati.

Anche queste aree sono state classificate con un codice a colori dal verde al rosso e il passo successivo è stato quello di legare gli edifici urbani alle zone a diversa qualità ambientale.

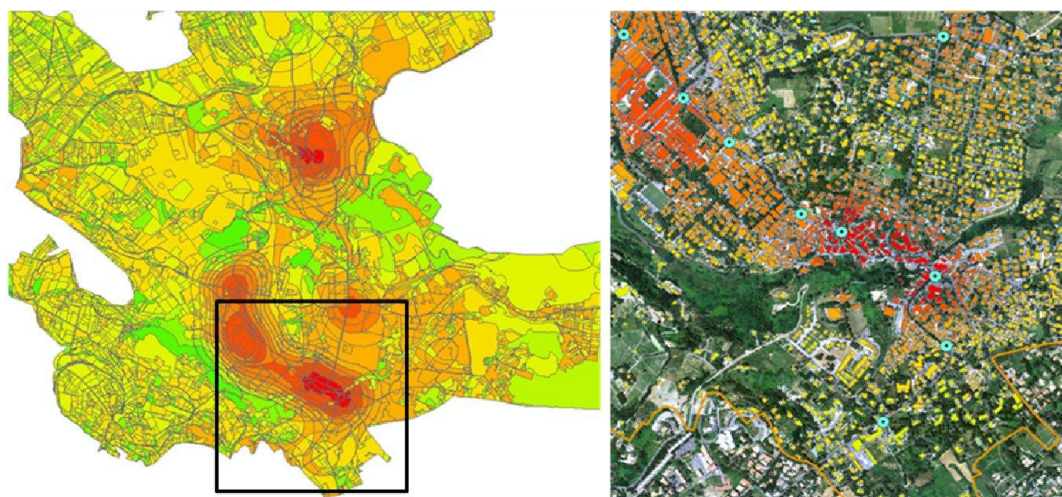


Figura 5. A sinistra: mappa della Qualità della vita (Q) con la zonizzazione dal rosso (minor qualità) al verde (qualità massima); a destra: ingrandimento del riquadro nero (l'area di Squarciarelli) con la classificazione degli edifici del comune di Grottaferrata secondo i valori dell'indicatore di qualità della vita.

Conclusioni

Questo tipo di metodologia è un mezzo efficace per ottenere delle informazioni su una zona in mancanza di dati rilevati sul posto. Infatti, nel caso della rilevazione diretta dei flussi di traffico, le campagne di misura impiegano per molto tempo strumenti, personale ed ingenti risorse economiche. Un'analisi di questo tipo, invece, permette l'individuazione delle aree critiche per quanto riguarda i flussi di traffico, quindi di disturbo antropico, su cui si possono focalizzare gli studi e, poi, gli interventi delle amministrazioni locali per la risoluzione o quanto meno mitigazione degli eventuali problemi di viabilità e per un miglioramento della qualità della vita dei cittadini.

Dalla riflessione sui risultati di questo studio preliminare nasce una nostra proposta per alleggerire la congestione autoveicolare in una zona critica: la realizzazione di una prima pista ciclabile tra i comuni di Grottaferrata e Frascati (figura 6). Si tratterebbe di un tracciato ciclabile facilmente realizzabile poiché esiste già lo spazio per costruirlo e potrebbe essere la principale arteria per gli spostamenti in bicicletta di una rete futura più ampia.

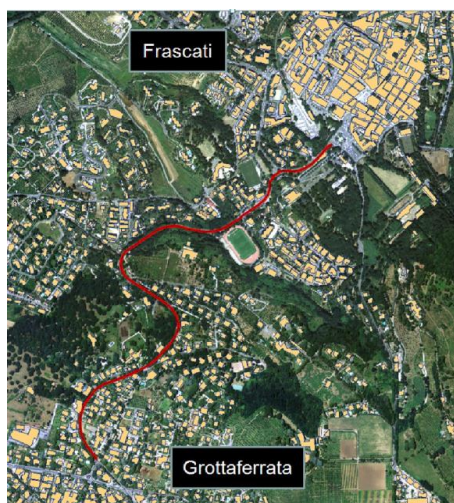


Figura 6. Proposta di percorso ciclabile tra i comuni di Grottaferrata e Frascati.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'ESA/ESRIN e il Dipartimento EOP-SA per la collaborazione e la disponibilità.

Riferimenti bibliografici

- Gatrell A., Bailey T., Diggle P. e Rowlingson B. (1996), "Spatial Point Pattern Analysis and its Application in Geographical Epidemiology", *Transactions of the Institute of British Geographers* 21: 256-74
- Gullotta G. (2010), "Applicazione di tecniche di analisi del paesaggio per il settore settentrionale del Vulcano Laziale", Tesi di laurea Università di Roma "La Sapienza"
- Kemper C. (2005), "Dynamic Traffic Flow Model – A New Approach With Statistic Data", *Proceedings of the 5th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems (ITS)*, 1-3 June, Hannover, 1-13
- Lighthill M.J., Whitham G.B. (1955), "On kinematic waves: II. A theory of traffic on long crowded roads", *Proceedings of the Royal Society A*, 299: 317-345
- Loret E. (2010), "Estimation of increasing urbanization trend in the Frascati DOC wine area: a geostatistical analysis approach", Geoinformation PhD Thesis, DISP, University of Rome "Tor Vergata"
- Loret E., Gullotta G. (2012), "Traffic Fluxes and Urban Congestion: A Simple Approach with the Attractors' Method," *Journal of Geographic Information System*, 4: 494-502
- Maerivoet S., De Moor B. (2005), "Cellular Automata Models of Road Traffic", *Physics Reports*, 419: 1 – 64
- Pizzolotto, Brandmayr P. (1996), "An index to evaluate landscape conservation state based on land-use pattern analysis and geographic information system techniques", *Coenoses*, 11: 37-44
- Richards P. I. (1956), "Shock waves on the highway", *Operations Research*, 4:42–51