

Analisi esplorative delle preferenze dei visitatori di una manifestazione culturale in uno spazio urbano utilizzando il Balloon mapping e la statistica spaziale. Il caso di Trieste Next*

Balloon mapping and spatial statistic methods in order to evaluate the visitor preferences during a cultural event in an urban area. The Trieste Next case

ANDREA FAVRETTO, GIOVANNI MAURO

Dipartimento di Studi umanistici – Università di Trieste (afavretto@units.it; gmauro@units.it)

Riassunto

Viene presentata una prima analisi esplorativa di alcune fotografie riprese da un pallone aerostatico, utilizzando la statistica spaziale (point pattern analysis). L'obiettivo è stato quello di evidenziare alcune zone di aggregazione delle persone in uno spazio pubblico cittadino, in occasione di una manifestazione a carattere scientifico/culturale, Trieste Next tenutasi a Trieste, tra il 26 ed il 28 settembre 2014. Tra le diverse attività proposte dall'Università di Trieste nel villaggio scientifico di Piazza Unità d'Italia, è stata allestita una postazione esterna ai tendoni, dedicata al Balloon mapping, per la quale si sono organizzati alcuni voli dimostrativi per i visitatori.

Alcuni fotogrammi dalle riprese effettuate sono stati elaborati in modo da ricavarne dei layer vettoriali, riportanti le posizioni dei visitatori in diversi momenti tra gli stand della manifestazione. Da questi layer vettoriali sono state ricavate delle mappe di densità, utilizzando il metodo statistico denominato Kernel Density Estimation (KDE). I vari layer raster di densità sono stati aggregati mediante somma algebrica dei valori dei pixel di ciascun layer. Il risultato è stato quello di ottenere una mappa di sintesi delle aree preferite dai visitatori nel villaggio, che ha evidenziato la presenza alcune aree "calde" (hot spots).

Parole chiave

GIS, Remote sensing, Balloon mapping, Trieste Next, Spazi urbani, Mappa di densità, Point pattern analysis, Kernel Density Estimation

Abstract

It is presented an exploratory analysis made on some remote sensed images taken from a helium filled balloon, using spatial statistics (point pattern analysis).

Aim of this paper has been highlighting some aggregation areas in a town square during a scientific/cultural event like Trieste Next (Trieste, September 26th-28th, 2014). Among the different activities organized by the local University in the so called "scientific village" of Unity square, an open air station has been set up. From this Balloon mapping station several demonstration flights have been arranged.

Among the many pictures taken during the flights, some of them have been elaborated, in order to build a series of vector layers, showing the Trieste Next visitors at certain times. Applying the Kernel Density Estimation (KDE) statistic method to this vector layers we have produced some visitor density maps in the Next scientific village of Unity square. Further, the density layers have been aggregated in order to build a synthesis map of the visitor preferred areas in the village (the so called "hot spots").

Keywords

GIS, Remote sensing, Balloon mapping, Trieste Next, Urban areas, Density map, Point pattern analysis, Kernel Density Estimation

* Il lavoro è stato realizzato in piena collaborazione fra i due Autori. Si desidera tuttavia precisare che ad Andrea Favretto si devono i paragrafi 1, 4,5; a Giovanni Mauro i paragrafi 2, 3.

1. Introduzione

L'analisi della densità della popolazione in una data località, misurata in momenti diversi, è un argomento molto caro ai geografi, soprattutto per le implicazioni legate alla pianificazione degli spazi che tali variazioni determinano. Haggett, nel 1972, riporta il classico esempio dei bagnanti sulla spiaggia e ne sottolinea la diversa diffusione nello spazio a seconda dell'ora. Registrare la posizione dei bagnanti sulla spiaggia nei vari momenti della giornata è un problema che può essere affrontato e risolto mediante una mappatura dell'area in questione (o meglio: una serie di mappature della spiaggia in momenti diversi). Le fotografie dall'alto sono in questo caso un buon sistema per ottenere le mappe in modo veloce ed economico (rispetto ad un rilevamento a terra). Più recentemente, le metodologie cosiddette di ricerca visuale sono state oggetto di grande interesse in molti settori delle scienze sociali, compresa la Geografia. La fotografia e/o il filmato non sono più considerate uno strumento per illustrare i risultati di una ricerca ma bensì il punto focale della ricerca stessa, una sorta di strumento per ragionare e spiegare i luoghi (per approfondire, cfr. ad es., Greiner *et al.*, 2012; Bignante, 2011; Rose, 2013).

Il Telerilevamento è considerato una disciplina recente, in quanto legato principalmente ai satelliti artificiali. Esso, in una sua accezione più vasta, può essere esteso a tutto "l'insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi che permettono di migliorare le capacità percettive dell'occhio e cervello umano, fornendo all'osservatore informazioni su oggetti posti a distanza..." (Brivio *et al.*, 2006). Per questo motivo, quindi, nelle prefazioni storiche di molti testi di telerilevamento, spesso si possono vedere delle curiose foto in bianco e nero, risalenti alla seconda metà dell'ottocento e/o ai primi anni del secolo successivo, che ritraggono i pionieri della disciplina e le loro prime, avventurose riprese dall'alto. Si tratta di mongolfiere, aquiloni e persino piccioni muniti di apparecchi fotografici, che propongono suggestive foto aeree di alcune città europee ed americane¹. Il volo aereo e, successivamente, quello

spaziale hanno decretato il successo della metodologia e le sue importantissime connessioni ed impieghi con la cartografia ed il monitoraggio dell'ambiente (cfr., fra gli altri, King *et al.*, 2007).

Anche l'Italia degli anni a cavallo fra '800 e '900 fu "contagiata" dal virus della fotografia aerea, impiegata anche per i beni archeologici. Possiamo ricordare, a tal riguardo, la Sezione Areostatica del 3° Reggimento del Genio Militare, attiva dal 1885 e potenziata nel 1896 con la Sezione fotografica per lo sviluppo delle foto aeree da pallone (cfr. Castrianni *et al.*, 2012). Furono realizzati in questo periodo i primi lavori di topofotografia dal pallone per il rilievo di platee archeologiche nelle aree di Roma (Foro romano), Pompei e Ostia (Shepard, 2006). Nel 1911 venne addirittura pubblicato un manuale di topofotografia dal pallone, scritto da un militare, il Capitano Cesare Tardivo.

Oltre che per i beni archeologici e quelli ambientali, le riprese dall'alto a bassa quota sono state proficuamente utilizzate anche per lo studio della vita sociale nelle città. Nel suo studio del 1980 l'urbanista americano William White utilizzò anche osservazioni dall'alto (filmate e fotogrammi ripresi da terrazzi e tetti di edifici), per studiare una serie di luoghi pubblici a New York, con lo scopo di indagarne le motivazioni del successo (o insuccesso – cfr. White, 1980 e il filmato di 55 minuti disponibile per la visione presso: <https://archive.org/details/SmallUrbanSpaces>). Lo storico e critico dell'architettura Vidler afferma che la vista aerea di una città è l'unico mezzo per sviluppare una visione sintetica del suo spazio sociale (Vidler, 2003).

Pur nei limiti di una visione semplificata, si può dire che le immagini aeree ad alta quota e quelle da satellite vengono generalmente utilizzate per il monitoraggio dell'ambiente e per il controllo della struttura dei centri urbani (si veda per esempio a tal riguardo il tema "urban sprawl e telerilevamento", in: Kumar Jat *et al.*, 2008; Ji *et al.*, 2006; Bhatta *et al.*, 2010; Schneider, 2007); le immagini a bassa quota possono essere utilizzate, oltre

sistema che utilizzava dei piccioni per trasportare delle macchine fotografiche di appena 70 grammi, con le quali nel 1909 riprese Dresda (Jensen, 2000); in California George Lawrence riprese le rovine di San Francisco dopo il terremoto del 18 aprile 1906 utilizzando una serie di aquiloni da una nave situata nella baia omonima (Jensen, *op. cit.*).

1 In Francia nel 1858 Felix Gaspard Tournachon (detto Nadar) riprese il quartiere Arco di Trionfo-Etoile a Parigi (cfr. Brivio *et al.*, *op. cit.*); in Germania, Julius Neubronner nel 1903 brevettò un

che per il controllo del territorio, anche per lo studio di fenomeni sociali, grazie alla possibilità di rilevamento e conteggio dei singoli individui permessa, per l'appunto, dalla prossimità del sensore alla superficie terrestre².

Il progressivo abbattimento dei costi legati al vettore (pallone aerostatico e/o drone radiocomandato), unitamente allo sviluppo dei software open source per il trattamento delle immagini (sia in modalità desktop che cloud³) ha favorito il sorgere di comunità di ricercatori e/o semplici volontari produttori di informazione geografica (cfr. Goodchild, 2007), che hanno impiegato le immagini aeree e gli strumenti informatici open source senza scopo di lucro per progetti di pubblica utilità. Ad esempio, una comunità molto attiva nel Balloon mapping è "Public Lab" (Public Laboratory for Open Technology and Science), sorta nell'estate 2011 per sviluppare e utilizzare strumenti open source e a basso costo al fine di: "generate knowledge and share data about community environmental health" (cfr. il "core public lab program" su <http://publiclab.org/about>). Uno delle prime attività di Public Lab è stata il monitoraggio dell'area del Golfo del Messico interessata dal disastro ecologico della piattaforma petrolifera Deepwater Horizon nel 2010. Attraverso il contributo di centinaia di volontari, istruiti via web da Public Lab, sono state riprese più di 100.000 immagini aeree della linea di costa colpita dall'inquinamento; queste sono state poi georiferite mediante la piattaforma open source in modalità cloud MapKnitter (<http://mapknitter.org/>), sviluppata da Public Lab (Mauro, 2014).

Ispirandosi alla bibliografia citata, il contributo prende in considerazione una serie di riprese fotografiche da pallone aerostatico, fatte in occasione di una manifestazione a carattere scientifico e culturale, denominata Trieste Next (Salone europeo della ricerca scientifica), terza edizione, svoltasi tra il 26 e il 28 settembre 2014 presso il capoluogo giuliano. In particolare,

2 Si parla a tal riguardo di: "Archigesture as a modelling concept for mapping of expressive architectural spaces through gestural and temporal analysis of bodies and objects"; cfr. gli studi di Amir Soltani, dell'Università di Cambridge - http://expressive-space.org/Amir_Soltani.html, fra i quali possiamo ricordare, Soltani, 2013.

3 Una chiara e sintetica definizione del cloud computing si può vedere in: Mell P., and T. Grance. 2011.

si sono elaborate le fotografie del villaggio scientifico allestito in Piazza Unità d'Italia. Durante tre dei voli eseguiti (uno durante il pomeriggio del 26 settembre e due durante la mattina e il pomeriggio del 27 settembre), sono state scattate circa duecentocinquanta foto, che hanno ripreso i visitatori nel villaggio, costituito da cinque tendoni allestiti dall'Università di Trieste e da vari Enti locali. Allo scopo di studiare il comportamento dei visitatori, sulla base delle fotografie aeree, si sono realizzate delle mappe di densità che, accorpate opportunamente, hanno evidenziato alcuni punti caldi, i cosiddetti 'hot spot', di gradimento dei visitatori.

Dopo una sintetica presentazione della manifestazione Trieste Next, viene descritta la metodologia applicata alle immagini, dalla georeferenziazione delle stesse alla produzione delle carte di densità dei visitatori; una mappa di sintesi finale è stata infine realizzata, utilizzando i layer relativi alle mappe di densità. Una breve discussione dei risultati raggiunti, l'evidenziazione di alcuni limiti legati ai dati raccolti e i futuri sviluppi delle ricerche concludono il lavoro.

2. La manifestazione Trieste Next e il villaggio scientifico in Piazza Unità d'Italia a Trieste

"Trieste Next - Il Salone europeo della ricerca scientifica" è un'importante manifestazione culturale che si prefigge di promuovere la cultura scientifica fra i giovani. La terza edizione, svoltasi il 26-27-28 settembre 2014, è stata denominata EnergETHIC. Numerosi sono stati gli enti pubblici e privati che hanno promosso e contribuito alla manifestazione, fra i quali si può ricordare il Comune e l'Università di Trieste (cfr. il programma su www.triestenext.it).

La manifestazione si è articolata in una serie di incontri/conferenze organizzati in varie sedi del centro cittadino. In Piazza Unità d'Italia è stato inoltre allestito un villaggio scientifico denominato "Trieste città della conoscenza", costituito da cinque tendoni, all'interno dei quali i vari enti partecipanti hanno organizzato degli spazi espositivi ove alcune loro attività culturali, scientifiche e didattiche collegate al tema della manifestazione erano presentate ai visitatori. Esperienze di laboratorio e attività sul campo sono state proposte al

pubblico nelle modalità della divulgazione scientifica finalizzate però a un pubblico ampio ed eterogeneo.

Uno schema del villaggio scientifico di piazza Unità d'Italia viene riportato in figura 1. I numeri all'interno dei tendoni corrispondono agli spazi espositivi organizzati dai vari enti e sono spiegati nella legenda della figura. Come si può vedere, l'unico spazio espositivo esterno ai tendoni è il n. 10, relativo al Balloon mapping che, per ovvi motivi gestionali, necessita di uno spazio aperto e non può essere organizzato indoor.

Le attività dello spazio espositivo dedicato al Balloon mapping sono state quelle di predisporre gli strumenti di ripresa (immissione del gas elio nel pallone aerostatico, montaggio e regolazione della fotocamera) e di realizzare alcuni voli dimostrativi (due o tre per ciascuna giornata). Mediante uno schermo (collegato al computer sul quale le foto sono state trasferite immediatamente dopo il volo), le immagini acquisite sono state mostrate al pubblico, suscitando parecchio interesse. Alle persone che chiedevano maggiori informazioni, sono state illustrate le potenzialità dello strumento, nonché evidenziate le caratteristiche delle immagini, visto che le fotocamere sono dotate di altimetro e GPS (Ronza, 2014).

3. La definizione dell'area di studio e il "preprocessamento" delle immagini acquisite

Le caratteristiche tecniche del vettore (il pallone e le metodologie per il montaggio della macchina fotografica, con i relativi stabilizzatori per favorire l'ortogonalità delle fotografie rispetto al terreno), nonché quelle dell'apparecchio fotografico, sono stati illustrati nel contributo di Mauro (vol. 155).

Durante i voli dimostrativi, effettuati nelle due giornate del 26 e del 27 settembre, la macchina fotografica è stata fissata al pallone prima mediante una staffa fissa e poi, visti i primi risultati poco soddisfacenti (le fotografie risultanti erano oblique perché fortemente influenzate dalle condizioni del vento), la stessa è stata stabilizzata con il metodo artigianale della bottiglia di plastica (cfr. il contributo di Mauro, vol. 155). Durante i voli, la fotocamera è stata programmata mediante intervallometro in modo tale da effettuare uno scatto ogni minuto. La fotocamera (e relativo programma) è stata attivata a livello

del suolo, ossia prima di alzare (mediante due cavi di sicurezza) il pallone fino alla quota voluta (circa 100 metri).

Successivamente, in laboratorio, le fotografie registrate sono state per prima cosa visionate, per escludere a priori le immagini riprese in fase di ascesa e discesa del pallone o quelle palesemente non ortogonali al terreno.

In tal modo sono state selezionate 116 immagini (sulle 250 inizialmente acquisite), che riprendono il villaggio scientifico di Piazza Unità ma anche le limitrofe piazze Verdi e della Borsa, nonché parte del lungomare antistante Piazza Unità e parte del Molo Audace⁴. Sebbene non tutte le 116 immagini riprendessero il villaggio scientifico (ma anche le sue immediate vicinanze), si è deciso di georiferire ugualmente tutte le immagini nel sistema di coordinate: "ETRS89 / UTM zone 33N" (codice EPSG⁵ 25833); per le elaborazioni del presente lavoro si sono però usate solo le immagini del villaggio scientifico (85 immagini).

Utilizzando come base le foto georiferite, si sono poi disegnati due layer vettoriali, uno relativo alla disposizione dei tendoni e l'altro circoscrivente l'area di interesse per le successive elaborazioni (si tratta di un poligono irregolare attorno alle tende), così da delimitare un'area omogenea di riferimento per tutte le immagini. La figura 2 mostra, come esempio del lavoro eseguito per tutte le fotografie, un'immagine del villaggio scientifico, ripresa durante il secondo volo del 27 settembre. L'immagine è stata georiferita e si sono sovrapposti su di essa i due layer vettoriali preparati, ovvero quello dei tendoni (con sovraimpresso il riferimento degli enti espositori all'interno di ciascun tendone) e quello dell'area di interesse per lo studio.

4 Le zone vicine al villaggio scientifico sono state riprese in quanto nel corso della manifestazione, partendo dal punto espositivo del Balloon mapping all'interno del villaggio, si portava il pallone sopra le immediate vicinanze a fini dimostrativi, eseguendo brevi passeggiate e direzionandolo dal basso con due cavi di sicurezza.

5 Il database geodetico denominato EPSG (European Petroleum Survey Group), mantenuto aggiornato da OGP (Int. Ass. of Oil and Gas Producers), indicizza e cataloga i Sistemi di Riferimento geodetici (SR) di tutto il globo e ne registra i parametri principali nonché gli algoritmi per le principali trasformazioni di coordinate. L'intero database si può scaricare gratuitamente all'URL: <http://www.epsg.org/>; in alternativa, per informazioni mirate su un determinato SR, si può effettuare una query per codice, tipo o area geografica all'URL: <http://www.epsg-registry.org/>.

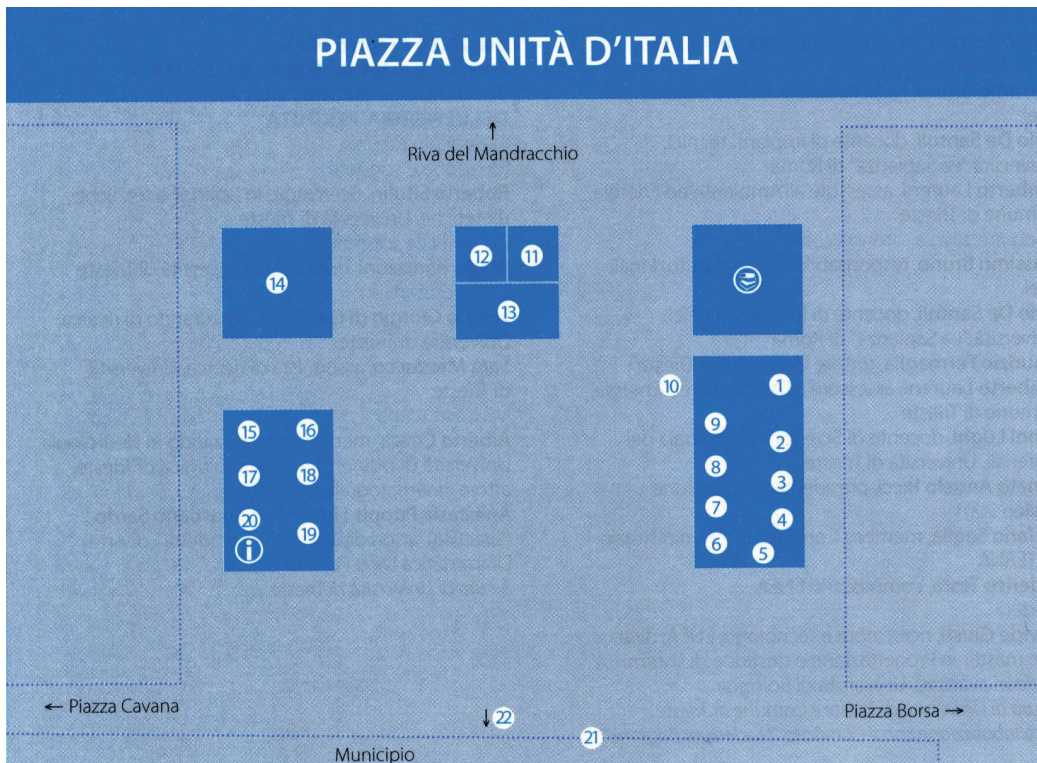


FIGURA 1 – Il villaggio scientifico: "Trieste città della conoscenza" di Piazza Unità d'Italia. FONTE: Trieste Next (www.triestenext.it)

LEGENDA

- SPAZIO n. 1. Italia in Antartide 100 anni dopo Shackleton. A cura del Dipartimento di Matematica e Geoscienze
- SPAZIO n. 2. L'energia nascosta nei cristalli: raggi x, reticoli e struttura di molecole. A cura del Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche
- SPAZIO n. 3. Mitocondri e longevità: le centrali bioenergetiche della cellula. A cura del Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche e della Salute
- SPAZIO n. 4. Veicoli elettrici, carsharing e carpooling: il costo economico, il costo ambientale e il consumo energetico di un'automobile. A cura del Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche.
- SPAZIO n. 5. Le affinità energetiche elettive: il fascino della matematica, prima fonte di energia tra ingegneria, decisioni, architettura e arte. A cura del Dipartimento di Ingegneria e Architettura.
- SPAZIO n. 6. Energia a portata di mano: esperimenti sull'energia degli esseri viventi. A cura del Dipartimento di Scienze della Vita e del Life Learning Center.
- SPAZIO n. 7. Architettura e realtà aumentata: esplorazioni virtuali dello spazio. A cura del Dipartimento di Ingegneria e Architettura.
- SPAZIO n. 8. L'energia creativa delle parole: lingue da fantascienza e lingue universali. A cura del Dipartimento di Studi Umanistici.
- SPAZIO n. 9. Intellipaths in movimento: percorsi a consumo energetico minimo. A cura del Dipartimento di Ingegneria e Architettura.
- SPAZIO n. 10. Balloon mapping: esperimenti di cartografia attiva. A cura del Dipartimento di Studi Umanistici.
- SPAZIO n. 11. Vita di una goccia d'acqua: microalghe e produzione di biomassa. A cura di OGS – Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Sezione Oceanografia (OCE).

- SPAZIO n. 12. L'energia della conoscenza. A cura di Musei Scientifici del Comune di Trieste
- SPAZIO n. 13. SISSA per la scuola. A cura di SISSA-Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati.
- SPAZIO n. 14. Ricerca e creatività... a tutta energia! A cura di Elettra Sincrotrone Trieste e Topolino.
- SPAZIO n. 15. Esperimenti per tutti: biologia molecolare. A cura di ICGEB-International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology.
- SPAZIO n. 15. Carburante dagli scarti della lavorazione del legno. A cura di ICGEB-International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology.
- SPAZIO n. 16. Fornello solare: cucinare usando l'energia del sole. A cura di ICTP-The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.
- SPAZIO n. 17. Costruisci la macchina solare, la turbina a vento. A cura di Gruppo Pleiadi e Sgulp.
- SPAZIO n. 18. Elettronica di inseguimento per tecnologie solari. A cura di Akkutrack.
- SPAZIO n. 19. Smart gas e fuel cell: un futuro pulito per le città italiane. A cura di Sofc power e Smartgas.
- SPAZIO n. 20. Servizi e strumenti per il trasferimento tecnologico. A cura di VPI – Venice Platform for Innovation and Technology Transfer.
- SPAZIO n. 21 (sala Matrimoni). Incontri B2B: ricercatori-imprenditori. A cura di VPI – Venice Platform for Innovation and Technology Transfer.
- SPAZIO n. 21 (sala Veruda). Mostre Trieste next 2014.



Infopoint Trieste Next



Spazio libri. A cura di Libreria Giunti al punto

Si sono così ottenuti tre gruppi di immagini georiferite, relativi al volo pomeridiano del 26 settembre (terzo volo della giornata), al volo meridiano del 27 settembre (primo volo) e al quello pomeridiano del 27 settembre (secondo volo). Le immagini relative agli altri voli non sono state utilizzate in quanto alcune erano molto oblique al terreno e quindi difficilmente georeferenzabili, altre erano state riprese da un'altezza troppo bassa⁶. Per ogni gruppo sono state ulteriormente selezionate le immagini, mantenendo solo quelle nelle quali era totalmente ripresa l'area di studio, con un intervallo temporale tra le stesse di circa 3-5 minuti. Dato che durante i vari voli gli operatori ai cavi di sicurezza si sono mossi nella Piazza (e nei dintorni della stessa), il numero delle immagini si è considerevolmente contratto, per un totale di 20 immagini⁷. Da ciascuna foto georiferita è stato ricavato un layer vettoriale di punti relativi alla posizione delle persone nella zona scoperta del villaggio scientifico all'interno dell'area di studio. Tali layer sono stati costruiti mediante digitalizzazione manuale.

In figura 3, a titolo di esempio, si può vedere uno dei layer vettoriali, nella fattispecie quello ricavato da un'immagine ripresa alle 16.13 del secondo volo del 27/09.

4. Metodologia e risultati

A partire dai layer vettoriali di cui sopra, sono state dapprima elaborate alcune semplici statistiche di base e, successivamente, applicati algoritmi riferibili alla statistica spaziale, utili per l'identificazione delle aree più frequentate (gli hot spot) all'interno del villaggio scientifico, "Trieste città della conoscenza".

⁶ Nello specifico si fa riferimento alle immagini acquisite durante i primi due voli del 26 settembre, effettuati senza una stabilizzatore dell'apparecchio fotografico, e del terzo volo del 27 settembre, fatto in notturna e inficiato da un problema ai cavi di sicurezza del pallone aerostatico.

⁷ Alla fine, per il terzo volo del 26 settembre sono rimaste 8 immagini (coprenti circa il periodo temporale 16.58-17.30); per il primo volo del 27 settembre, 5 immagini (periodo circa 11.00-11.30); per il secondo volo del 27 settembre, 7 immagini (periodo circa 16.10-16.40).

In tal senso, in Tabella 1 vengono riportate la media e la deviazione standard dei visitatori presenti nella parte aperta dell'area studio durante i tre voli analizzati.

TABELLA 1 – La media e la deviazione standard dei visitatori presenti nella parte aperta del villaggio scientifico durante i tre voli

	3 volo 26/09 16.58-17.30	1 volo 27/09 11.00-11.30	2 volo 27/09 16.10-16.40
Media	189	169	270
Dev. St.	18	34	20

Utilizzando il metodo della stima della densità del kernel (Kernel Density Estimation – KDE), da ciascun layer vettoriale è stata ricavata una corrispondente 'mappa di densità' dei visitatori. Tale metodo, come è noto, stima una funzione di densità sulla base delle osservazioni campionarie ed è molto utilizzato in statistica e, più recentemente, in alcune sue applicazioni territoriali (point pattern analysis). Esiste una nutritissima bibliografia sulle applicazioni di KDE a distribuzioni statistiche univariate e multivariate (cfr. fra gli altri, Silverman, 1986); relativamente di recente, con KDE è stata focalizzata anche la componente spaziale (Danese *et al.*, 2008), sia prendendo in considerazione uno spazio omogeneo (cfr., ad es., Chainey *et al.*, 2013), che uno non isotropico, influenzato da una rete di comunicazione (cfr.: Borruso, 2005 and 2008).

Come è noto, le scelte possibili, applicando KDE a un layer vettoriale di punti, sono relative alla funzione del kernel, all'ampiezza del raggio attorno al quale viene calcolata la densità (bandwidth) e alla misura della cella della griglia che viene sovrapposta al layer vettoriale e attraverso la quale viene disegnata la densità. Come scrive Borruso (2008), molti Autori sottolineano che il parametro più importante da scegliere sia la bandwidth; esistono infatti diversi metodi quantitativi per la determinazione di tale parametro (cfr.: Turlach, 1993; Jones *et al.*, 1996). La risoluzione della griglia è considerata invece meno importante ed è generalmente collegata alle caratteristiche del caso allo studio (Danese *et al.*, *op. cit.*). Per quanto riguarda la funzione del kernel, ancora Borruso (*op. cit.*, 2008) afferma che kernel di tipo

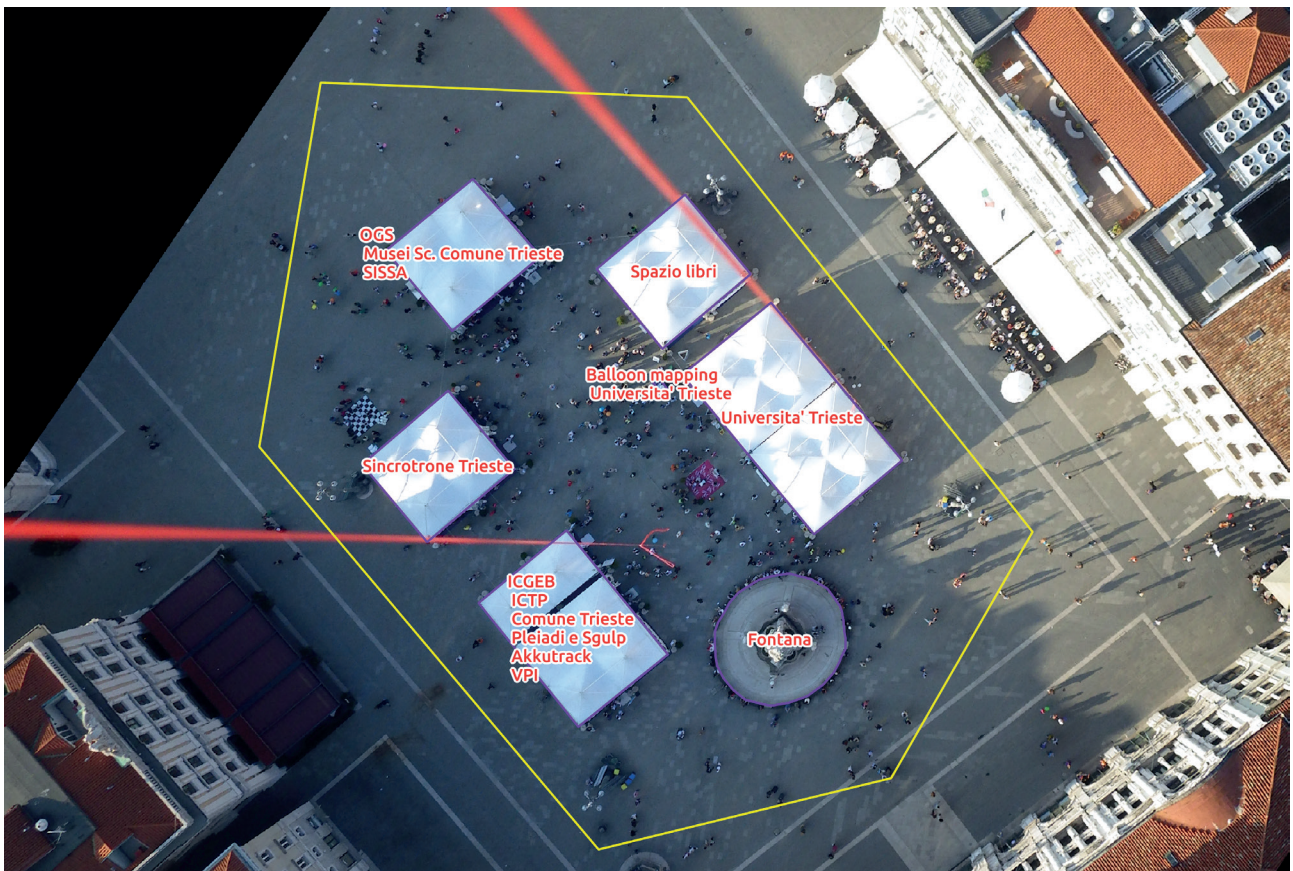


FIGURA 2 – Un'immagine del villaggio scientifico, (secondo volo del 27 settembre). Sovrapposti, si possono vedere due layer vettoriali: quello dei tendoni con sovrainpresso il riferimento degli enti espositori all'interno di ciascun tendone e quello dell'area di interesse per lo studio



FIGURA 3 – Esempio di layer vettoriale dei punti relativi alla posizione delle persone nella zona scoperta del villaggio scientifico, all'interno dell'area allo studio. Il layer di punti è stato ricavato da un'immagine ripresa alle 16.13 del secondo volo del 27/09

uniforme o quartico tendono a produrre superfici morbide, mentre kernel triangolari e funzioni esponenziali negative producono aree più frastagliate, con picchi di discontinuità.

Nel presente lavoro si è cercato di fissare i parametri sulla base delle caratteristiche del caso allo studio, considerando: l'ampiezza dell'area entro la quale sono stati rilevati i visitatori (circa 2600 m²); le dimensioni reali dei vari punti di osservazione (ovvero lo spazio occupato da ogni singola persona nel villaggio scientifico ripreso dall'alto); infine, la distanza media osservata dei visitatori a terra nei tre voli considerati⁸. Ciò premesso, la bandwidth è stata fissata a 3 metri, considerando:

- l'ampiezza dell'area allo studio – circa 2600 metri quadrati;
- la distanza media osservata – circa 1 metro;
- la dimensione del punto sul terreno (ovvero l'occupazione dello spazio di una persona);
- l'ampiezza della cella della griglia, circa 1.2 metri (considerata ancora la distanza media osservata).

La funzione del kernel scelta è stata di tipo quartico, in modo da produrre una mappa di concentrazione più morbida nei suoi cambiamenti di densità.

In figura 4 si può vedere, a titolo di esempio, la mappa di densità realizzata sulla base del layer vettoriale di figura 3 (definito, come si ricorderà, su un'immagine

⁸ Come è noto, la distanza media osservata è uno dei valori forniti dall'analisi del vicino più prossimo (nearest neighbour analysis), uno strumento di analisi presente in molti software GIS (cfr., fra gli altri, ESRI: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//005p000000p000000>; oppure: Ebdon, 1985; Unwin, 1996). Essendo ipotizzato nelle procedure di calcolo di tale analisi che i punti allo studio siano liberi di posizionarsi nello spazio e pertanto non ci siano barriere di sorta che interdicano alcune zone nell'area allo studio, si è deciso di non utilizzare l'indice di vicino più prossimo, che pur si è calcolato per ciascun layer vettoriale dei visitatori e che aveva assunto valori tali da suggerire l'esistenza di cluster nella distribuzione dei punti nello spazio (indice sistematicamente <1). Questo per la presenza dei tendoni all'interno del villaggio, che impedivano di vedere i visitatori al loro interno, così diventando una sorta di barriera architettonica. La distanza media osservata (ovvero la sommatoria delle varie distanze dal punto via via preso in esame e il suo vicino più prossimo diviso per la numerosità dei punti), per ogni singola immagine nei tre voli considerati è stata sempre compresa circa fra 0.80 e 1.4 (con Z_score compreso fra -17 e -10). Ciò ha suggerito il valore che è stato fissato per la singola cella della griglia.

ripresa alle 16.13 del secondo volo del 27/09). I valori di densità sono visualizzati in tonalità di bianco-grigio-nero e sono compresi nell'intervallo fra 0 – colore bianco e 5.27 – colore nero. Il significato dei valori dell'intervallo è il seguente: ogni cella di 1.2 metri di lato ha una densità stimata di persone (calcolata in base al raggio di 3 m con il kernel quadratico attorno a ciascun punto), che va da 0 a 5 persone.

Si è deciso di non classificare il layer di densità principalmente per la modesta dimensione dell'area allo studio che quindi, anche se circostanziata in ogni suo pixel di riferimento con il valore di densità stimato, non avrebbe portato a un incremento significativo di informazione rispetto al contributo visivo delle varie tonalità di grigio spalmate sulla piazza. Inoltre, dato il numero dei visitatori evidenziato da ciascun fotogramma (sempre meno di 300 unità), si pensa che l'indicazione puntuale di quanti visitatori fossero stimati per ogni metro dell'area sarebbe stata un'inutile precisazione, che nulla avrebbe aggiunto rispetto alla tendenza della densità che la carta rappresenta.

Sulla mappa raster sono stati sovrapposti i due layer vettoriali, relativi all'area di studio e ai tendoni del villaggio scientifico. Su ogni singolo tendone è stato etichettato il riferimento di ciascun ente che ha organizzato gli spazi espositivi all'interno. Naturalmente si tratta di un'istantanea, che focalizza la densità dei visitatori all'interno del villaggio in un dato momento.

Al fine di verificare la densità dei visitatori in un orizzonte temporale più ampio si sono sommati algebricamente tutti i layer raster relativi alle mappe di densità nei tre voli effettuati, ottenendo così tre mappe di densità somma, una per ciascun volo effettuato. La figura 5 riporta le tre carte di densità risultato della somma. I valori assunti dai pixel (e rappresentati dalle consuete tonalità di grigio), essendo la somma delle singole mappe di densità, sono stavolta più elevati e sono:

- 3 volo 26/9/14 (h. 16.58–17.30): $0 < x < 31$;
- 1 volo 27/9/14 (h. 11.00–11.30): $0 < x < 22$;
- 2 volo 27/9/14 (h. 16.10–16.40): $0 < x < 39$.

Dato l'orizzonte temporale piuttosto ristretto di ciascun volo, non si può escludere che nei valori dei vari pixel sia stata conteggiata più volte la stessa persona. Proprio

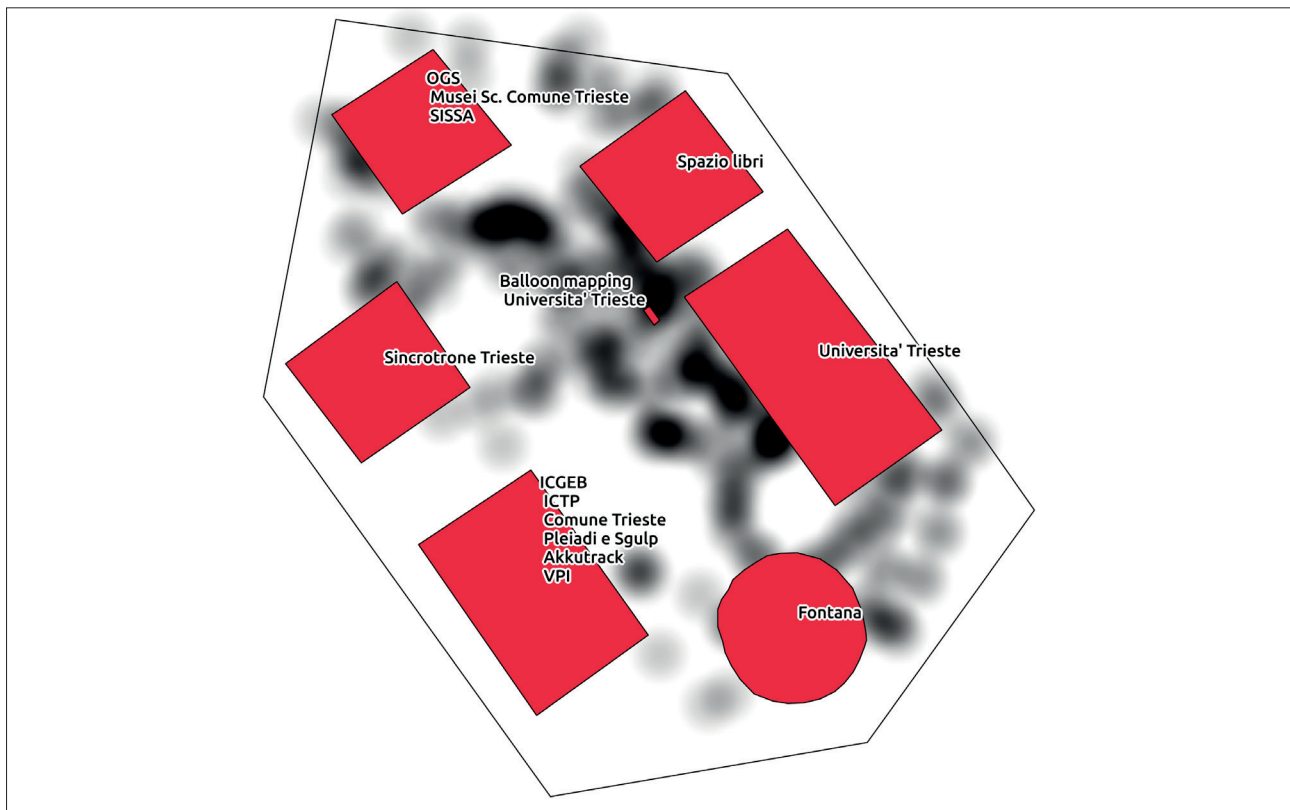


FIGURA 4 – Esempio di mappa di densità realizzata sulla base del layer vettoriale di figura 3. I valori di densità sono visualizzati in tonalità di bianco-grigio-nero e sono compresi nell'intervallo fra 0 – colore bianco e 5.27 – colore nero

per questo motivo i valori dei pixel possono suggerire un elemento che quelli relativi le varie istantanee non avevano: una sorta di gradimento della zona, espresso dalla permanenza del punto nella stessa area. Purtroppo è impossibile scindere i due elementi che danno un valore più elevato al singolo pixel (nuovi visitatori nel tempo o permanenza dei vecchi in loco). Ciò nonostante, le varie tonalità di grigio delle mappe di densità possono esprimere una sorta di gradimento dei visitatori per le varie zone del villaggio.

Osservando le tre mappe di figura 5, alcune aree di aggregazione sono visibili:

- l'area attorno al perimetro circolare della Fontana dei Quattro continenti (monumento posto a margine del villaggio scientifico) e quella tra la fontana stessa e il tendone dell'Università di Trieste (è evidentemente il canale di accesso/uscita maggiormente utilizzato dai visitatori);

- l'area antistante alla postazione del Balloon mapping;
- l'area antistante lo spazio libri;
- una certa concentrazione di visitatori si nota anche davanti al tendone universitario nel solo giorno 27 (mattina e pomeriggio);
- il pomeriggio del 26 davanti al tendone misto ICGEB e altri;
- il pomeriggio del 27 davanti al tendone misto OGS e altri;
- il pomeriggio del 27, l'area tra il tendone misto OGS e altri e quello di Sincrotrone (secondo canale di accesso/uscita dei visitatori).

È stata infine costruita, sempre mediante somma, una mappa di densità finale, sintesi di tutto il lavoro svolto (figura 6); tale mappa è il risultato dell'aggregazione di tutti i layer di densità finora prodotti. Come si può vedere, si sono stavolta omesse le etichette dei tendoni, per permettere una miglior analisi visiva. I valori dei pixel

FIGURA 5 – Le tre mappe di densità risultano dalla somma algebrica dei pixel delle mappe di densità nei tre voli effettuati. I valori di densità sono visualizzati in tonalità di bianco-grigio-nero e sono: 3 volo 26/9/14 (h. 16.58–17.30): $0 < x < 31$; 1 volo 27/9/14 (h. 11.00–11.30): $0 < x < 22$; 2 volo 27/9/14 (h. 16.10–16.40): $0 < x < 39$

del layer raster sono compresi nell'intervallo $6 < x < 70$. Per quanto riguarda questi ultimi, valgono le stesse considerazioni fatte precedentemente nel caso della figura 5.

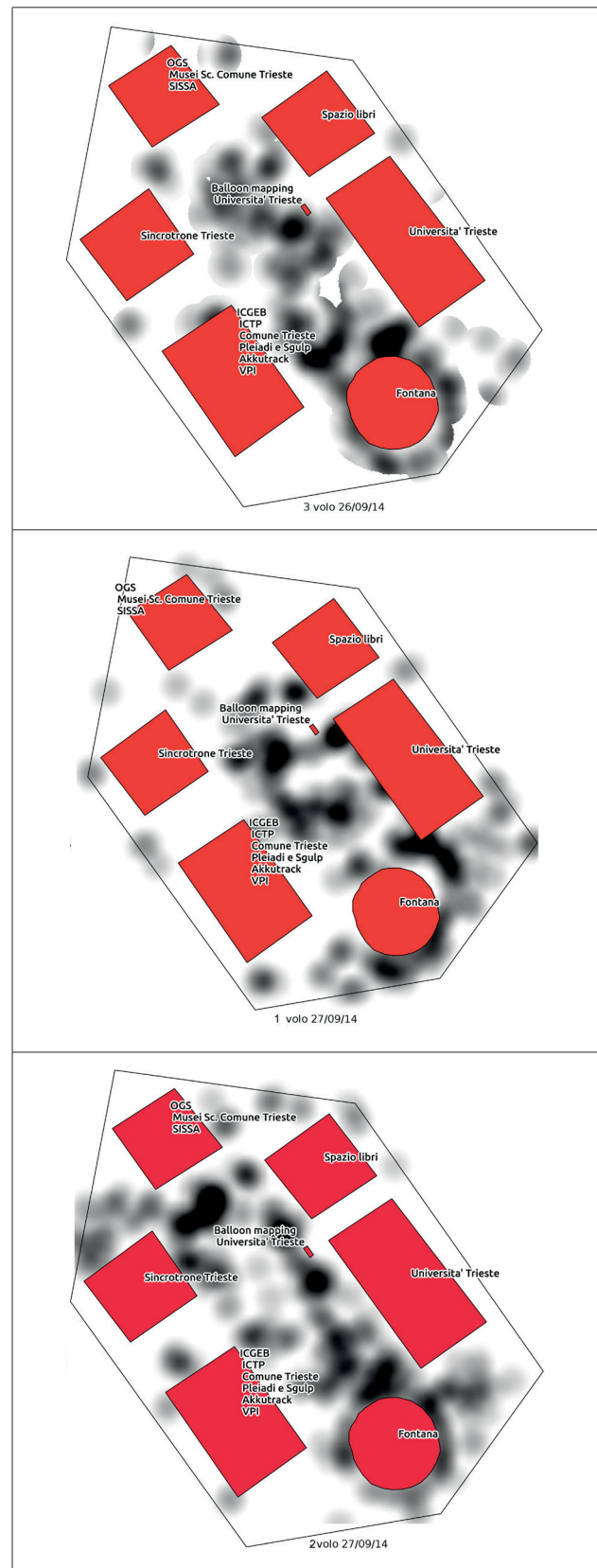
Osservando la figura 6, possiamo tentare una sintesi finale delle preferenze dei visitatori (nel limite dell'orizzonte temporale coperto):

- l'accesso/uscita preferito è quello a destra della Fontana dei quattro continenti, ovvero dal lato di Piazza Unità che si collega a Piazza della Borsa;
- un'evidente prima area di aggregazione dei visitatori è attorno alla fontana;
- un'altra area è quella davanti al tendone dell'Università Trieste (lato postazione Balloon mapping e zona esposizione e vendita borse con il logo dell'ateneo triestino);
- davanti allo spazio libri è evidente, seppur con tonalità meno scure – indicanti minor densità, un'ulteriore area di stanziamento dei visitatori;
- infine, si può notare l'altro canale di accesso/uscita in alto a sinistra (lato rive a sinistra del Molo Audace), minore per densità rispetto a quello del lato Piazza della Borsa.

5. Considerazioni conclusive e applicazioni future

Nella nota si è presentata una prima analisi esplorativa di alcune fotografie riprese da un pallone aerostatico, utilizzando la point pattern analysis.

Si è cercato di evidenziare alcune zone di aggregazione delle persone in uno spazio pubblico cittadino in occasione di una manifestazione scientifico/culturale. L'occasione è stata fornita dalla partecipazione degli autori a Trieste Next (Trieste, 26–28 settembre 2014). Nell'ambito delle attività proposte dall'Università di



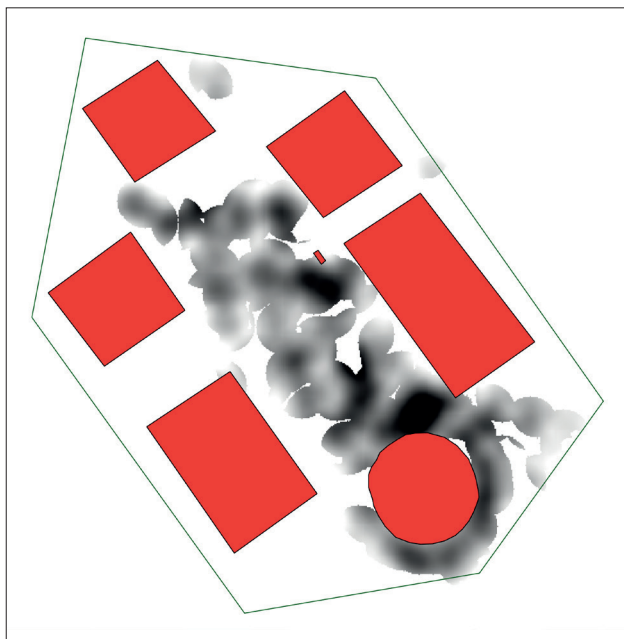


FIGURA 6 – La mappa di densità finale, sintesi di tutto il lavoro svolto, risultato dell’aggregazione di tutti i layer di densità. I valori di densità sono visualizzati in tonalità di bianco-grigio-nero e sono compresi nell’intervallo fra 6 – colore bianco e 70 – colore nero

Trieste nel villaggio scientifico di Piazza Unità d’Italia, è stata allestita una postazione esterna ai tendoni, dedicata al Balloon mapping, ove alcuni voli dimostrativi sono stati organizzati per i visitatori.

Alcuni fotogrammi dalle riprese effettuate sono stati elaborati in modo da ricavarne dei layer vettoriali, riportanti le posizioni dei visitatori in diversi momenti. Da questi layer vettoriali sono state ricavate delle mappe di densità, utilizzando il metodo statistico denominato Kernel Density Estimation (KDE). I vari layer raster di densità sono stati aggregati mediante somma algebrica dei valori dei pixel di ciascun layer. Il risultato è stato quello di ottenere una mappa di sintesi delle aree preferite dai visitatori nel villaggio, che ha evidenziato alcune aree “calde” (hot spots).

L’analisi effettuata ha evidenziato alcuni limiti della metodologia adottata, riconducibili per la maggior parte ai dati di partenza. Infatti, il fine dell’attività denominata Balloon mapping, organizzata dall’Università a Trieste Next, è stato quello di mostrare potenzialità e modalità attuative di tale metodo di ricognizione

del territorio, nonché alcune tecniche di tipo GIS che permettono l’utilizzo dei dati così ottenuti. Per questo, durante i diversi voli effettuati nei vari giorni della manifestazione, si è cercato di riprendere, oltre al villaggio scientifico, anche le aree limitrofe della piazza ospitante, effettuando delle vere e proprie “passeggiate” con il pallone aerostatico. Le modalità di georeferenziazione delle varie zone riprese (alle varie altezze e angolazioni determinate dal pallone in movimento), sono state il fine delle passeggiate in questione.

Questo ha limitato notevolmente i dati a disposizione (ovvero il numero delle foto che riprendevano tutta l’area del villaggio scientifico) e, di conseguenza, anche l’intervallo temporale coperto dalle riprese utili ai fini dell’analisi. Il movimento degli operatori nella piazza e la mancanza di un sistema di stabilizzazione della fotocamera (adottato peraltro dopo il primo volo del 26 settembre) hanno, inoltre, determinato la scarsa ortogonalità di alcune foto rispetto al terreno. Se marcatamente oblique rispetto al terreno, le foto venivano scartate, altrimenti erano sottoposte alla georeferenziazione. Ciò ha determinato delle oggettive difficoltà per la rettificazione delle immagini che, alla fine, non hanno avuto tutte la stessa precisione nel posizionamento dei vari pixel rispetto al sistema di riferimento adottato. Questo si è inevitabilmente ripercosso sulla precisione dei punti rilevati al terreno (ovvero la posizione delle persone nel villaggio scientifico) e, conseguentemente, sulla precisione delle mappe di densità.

Ciononostante e considerata la finalità dello studio (evidenziazione di hot spots in un’area abbastanza circoscritta, che indicassero le preferenze di massima per l’area vicina a un tendone o a un altro), ci sembra che i risultati raggiunti siano incoraggianti per riproporre la metodologia in altri spazi urbani, cercando di correggere i potenziali fattori di vizio dei dati.

A tal fine il pallone verrà mantenuto fermo nel baricentro dell’area allo studio per un tempo il più lungo possibile (compatibilmente con le condizioni meteorologiche e quelle di luce), in modo da garantire omogeneità delle foto e massima ortogonalità possibile. Quest’ultima verrà inoltre favorita anche dall’adozione di uno stabilizzatore più efficiente rispetto alla bottiglia di plastica, ovvero il metodo picavet (cfr. il contributo di Mauro, vol. 155).

Bibliografia

- BHATTA B., SARASWATI S., BANDYOPADHYAY D. (2010), Urban sprawl measurement from remote sensing data, "Applied Geography", 30, pp. 731-740.
- BIGNANTE E. (2011), *Geografia e ricerca visuale, Strumenti e metodi*, Manuali Laterza 318, GLF Editori Laterza, Bari.
- BORRUSO G. (2005), Network Density Estimation: Analysis of Point Patterns over a Network, in O. GERVASI, M.L. GAVRILOVA, V. KUMAR, A. LAGANÀ, H.P. LEE, Y. MUN, D. TANIAR, TAN *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2005*, Springer Berlin Heidelberg.
- BORRUSO G. (2008), Network Density Estimation: a GIS Approach for Analysing Point Patterns in a Network Space, "Transactions in GIS", 12(3), pp. 377-402.
- BRIVIO P. A., LECHI G., ZILIOLI E. (2006), Principi e metodi di Telerilevamento, Città Studi ed., Torino.
- CASTRIANNI L., CELLA E., FORTINI P. (2012), Boni e il Genio. La nascita della fotografia aerea archeologica, "Forma Urbis", XVII, 5, pp. 39-44.
- CHANEY S., RATCLIFFE J. (2013), *GIS and Crime Mapping*, 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 O. GERVASI, *ICCSA 2008, Part I*, LNCS 5072, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- EBDON D. (1985), *Statistics in Geography*, Basil Blackwell, Oxford.
- GOODCHILD M. (2007), Citizen as Sensors: the World of Volunteered Geography, "GeoJournal", 69, pp. 111-121.
- GREINER A. L., DEMATTEIS G., LANZA C. (2012), *Geografia umana. Un approccio visuale*, UTET, Torino.
- HAGGETT P. (1972), *Geography: a Modern Synthesis*, Harper and Row, London.
- JENSEN J. R. (2000), *Remote Sensing of Environment*, Prentice Hall, NJ.
- JI W., MA J., WAHAB TWIBELL R., UNDERHILL K. (2006), Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics, "Computers, Environment and Urban Systems", 30, pp. 861-879.
- Jones M. C., Marron J. S., Sheather S. J. (1996), A Brief Survey of Bandwidth Selection for Density Estimation, "Journal of the American Statistical Association", Vol. 91, No. 433, pp. 401-407.
- KING M. D., PARKINSON C. L., PARTINGTON K. C., WILLIAMS R. G. (2007), *Our Changing Planet. The View from Space*, Cambridge University Press.
- KUMAR JAT M., GARG P.K., KHARE D. (2008), Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques, "International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation", 10, pp. 26-43.
- MAURO G. (2014), Strumenti per una cartografia 'attiva': il balloon mapping. Limiti e potenzialità in un progetto di ricerca a Trieste, *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, 151, pp. 4-16, <http://hdl.handle.net/10077/10371>.
- MELL P., GRANCE T. (2011), *The NIST Definition of Cloud Computing. NIST - National Institute of Standards and Technology*, US Department of Commerce.
- SCHNEIDER A. (2007), Monitoring Urban Areas Globally and Locally, in M. D. KING, C. L. PARKINSON, K. C. PARTINGTON, R. G. WILLIAMS, *Our Changing Planet. The View from Space*, Cambridge University Press.
- RONZA M., Balloon Mapping a "Trieste Next 2014": esperienze di cartografia attiva, *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, 151, pp. 105-108, <http://hdl.handle.net/10077/10596>.
- ROSE G. (2013), *Visual Methodologies: An Introduction to Researching with Visual Materials*, SAGE, London.

SHEPARD E. J. (2006), Il rilievo topofotografico di Ostia dal pallone (1911), "Archeologia Aerea Studi di Aerotopografia Archeologica", 2, pp. 15-38.

SILVERMAN, B. W. (1986), *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, Chapman & Hall, London.

SOLTANI A. (2013), *Embodied Airborne Imagery: Low-Altitude Urban Filmic Topography*, Springer Publishing.

TARDIVO C. (1911), *Manuale di fotografia-telefotografia: topofotografia dal pallone*, Pasta, Torino.

TURLACH B. A. (1993), Bandwidth Selection in Kernel Density Estimation: A Review, CORE and Institut de Statistique, pp. 23-493.

UNWIN D. J. (1996), GIS, Spatial Analysis and Spatial Statistics, "Progress in Human Geography", 20, 4, pp. 540-551.

VIDLER A. (2003), Photourbanism: Planning the City from Above and from Below, in G. BRIDGE E S. WATSON, *A Companion to the City*, Blackwell Publishers Ltd, Oxford.

WHYTE W. H. (1980), *The Social Life Of Small Urban Spaces*, Washington, D.C.: The Conservation Foundation.