

RAPPRESENTAZIONE GEOGRAFICA INTEGRATA DI DATI CENSUARI E DATI REMOTE SENSING: ANALISI “ENTRO” GLI SPAZI SUB-URBANI DI ROMA

Alessandro D’AGOSTINO (*), Marco MAGGIOLI (**)

(*) Dipartimento di Geografia Umana, Università di Roma - La Sapienza, P.le A. Moro, 5 00185 ROMA;
tel. 0649913462, fax 0649913478, e-mail alessandro.dagostino@uniroma1.it

(**) Dipartimento di Geografia Umana, Università di Roma - La Sapienza, P.le A. Moro, 5 00185 ROMA;
tel. 0649913049, fax 0649913478, e-mail marco.maggioli@uniroma1.it

Riassunto

La possibilità di disporre di informazioni, relativamente ai fenomeni socio-economici e demografici, con un livello di dettaglio che superi le aggregazioni previste dai censimenti nazionali, costituisce, da qualche anno, uno stimolante campo d’indagine. La creazione di un modello *raster* da un indicatore socio-economico presuppone l’applicazione di un caso particolare della tecnica nota come interpolazione areale, con i dati censuari integrati *a posteriori* sulle coperture classificate dalle immagini (Landsat TM e/o SPOT). Obiettivo principale del presente lavoro è l’applicazione sperimentale di un metodo di classificazione che riesca ad integrare già *a priori* le informazioni provenienti dai dati spaziali dei censimenti con quelle provenienti dal *remote sensing* in ambito urbano per aree amministrativamente contigue al Comune di Roma. Dal punto di vista dell’analisi spaziale interpretativa questa metodologia offre numerosi e validi spunti nella lettura degli elementi “urbani” presenti.

Abstract

In relation to socio-economical and demographic issues the possibility to dispose of information, which are much more detailed than the common grouping anticipated by national population census, has represented a stimulating field of investigation for some years. The creation of a raster model for any socio-economical index foresees the application of a peculiar case of the technique known as *areal interpolation*, with the census data added *a posteriori* over the covers classified by images (Landsat TM and/or SPOT). The main objective of this work is the experimental application of a classifying method that is able to entry all informations deriving from the census spatial data together with those deriving from remote sensing in urban areas for zones which have administrative boundary located next to the municipality of Rome. From an interpretative spatial analysis point of view, this method offers several useful hints to interpret the existing “urban” elements.

Introduzione

Gli spazi suburbani costituiscono quella porzione di territorio dove le città esercitano l’impatto più intenso e dove il paesaggio, contraddistinto da porzioni di aree verdi e delimitato da infrastrutture e costruzioni, assume configurazioni diverse da quelle urbane in senso stretto. Questo sfrangiamento della periferia urbana, che spesso si dirama nelle nebulose della città diffusa (Indovina, 1990), costituisce forse l’impatto urbanistico più evidente sul paesaggio agricolo dove tuttavia è possibile rintracciare ancora le evidenze dei contesti rurali preesistenti la cui frequenza e densità ha “tuttavia impedito alla città diffusa di somigliare al paesaggio prodotto dallo *sprawl* di zone suburbane della

città statunitense” (Roditi, 2005). In questo senso, uno dei maggiori problemi metodologici legati a questi spazi risiede nella loro delimitazione e classificazione funzionale.

Al fine di analizzare tali situazioni territoriali le informazioni analitiche utilizzate più di frequente, come ad esempio la densità della popolazione, derivano spesso dai censimenti socio-economici che, pur mostrando, se viste in senso diacronico, le diverse fasi dello sviluppo urbano, non illustrano pienamente la “reale” distribuzione spaziale degli elementi.

Il calcolo e la visualizzazione della densità di popolazione risulta quindi operazione del tutto comune nell’ambito della rappresentazione coropleta nonostante mostri una distribuzione della popolazione in modo omogeneo anche in spazi dove non risulta effettivamente presente alcun tipo di insediamento. Questa discrasia trova una soluzione nell’opportunità di esplicitare gli stessi come superfici, intese quali campi di variazione continui direttamente confrontabili con tutte quelle “stratificazioni” che appartengono alla cosiddetta *GIS Science*. In quest’ottica un modello dei dati *raster* consente una disaggregazione alla scala di risoluzione del *pixel* superando qualsiasi problema legato alla *summa* informativa delle zonazioni vettoriali.

Tra le applicazioni degne di nota, il caso della trasformazione dei dati di popolazione provenienti da zonazioni censuarie in una matrice di *pixels* è certamente quello più largamente studiato. Dalla tecnica *areal interpolation* o *cross-area estimation*, utilizzata solitamente per comparare due insiemi di dati diversamente aggregati e appartenenti a strati tematici differenti (Goodchild, Lam, 1980), si è passati alla generazione di una superficie di popolazione intesa come un caso particolare, in cui un cosiddetto *target* dell’unità areale obiettivo diviene la cella di una griglia *raster*. Per questo metodo di trasferimento del dato attributo, definito anche come *interpolazione intelligente* (Langford et al., 1991), vengono utilizzati dati ancillari supplementari, in cui le informazioni demografiche relative a sezioni di censimento (*source zones*) sono ridistribuite tra le celle della griglia (*target zones*) in funzione delle classi di copertura del suolo elaborate dalle immagini da satellite (*supplementary data*). Tra i differenti metodi d’interpolazione areale, quelli di tipo *mapping*, ottenuti attraverso tecniche *dasimetriche* (Wright, 1936), sono quindi risultati i più convincenti nelle stime di densità (Fisher, Langford, 1995). L’approccio nella generazione di una superficie di popolazione, attraverso questa procedura, usa come dati ancillari i *pixels* residenziali e non residenziali classificati da *remote sensing* (Landsat TM e/o SPOT). Viene quindi generata una superficie *raster* in cui la popolazione entro ciascuna sezione di censimento viene discriminata regolarmente dai *pixels* residenziali. Talvolta anziché basarsi su questo tipo di classificazione binaria (Holt et al., 2004), si utilizza una matrice di *pixels* con dati categorici ancillari a tre classi, genericamente ad alta e bassa densità urbana e non urbana (Mennis, 2003).

La classificazione delle immagini telerilevate assume dunque un ruolo fondamentale e prioritario in ognuno dei processi metodologici d’interpolazione susseguenti, inteso sia come principale strumento per identificare, delineare e misurare gli spazi urbani e suburbani che come punto di forza di una generale relazione positiva tra la densità di popolazione e il grado di sviluppo urbano estratto dalle scene (Mesev, 1999).

Metodologia

Per consentire un miglior approccio alle tecniche di *areal interpolation*, lo studio si è mosso a partire dal tentativo di sperimentare, per un’area campione amministrativamente contigua al Comune di Roma (cinque comuni della prima corona), un modello *mapping* di discriminazione tematica (Rocha, Tenedório, 2001), che integri già *a priori* le informazioni provenienti dai dati spaziali dei censimenti con quelle provenienti dalle immagini telerilevate. Necessariamente un ulteriore sviluppo del presente lavoro è quello di estendere il metodo a più ampi settori di territorio con l’intenzione di applicarne i benefici alle tecniche dasimetriche.

La classificazione dell’urbano col supporto di dati ancillari viene quindi articolata in tre fasi principali:

1. Pre-classificazione urbano-non urbano
2. Applicazione di un classificatore *bayesiano*

3. Procedure di validazione e affinamento

Per i dati spettrali ci si riferisce al dataset di immagini Landsat ETM acquisito per la zona di Roma il giorno 06/02/2000, mentre quelli quantitativi provengono dalle unità amministrativo-territoriali delle sezioni di censimento derivate da fonte Istat (Censimento della Popolazione 1991-2001).

Una volta terminate le fasi di correzione e georeferenziazione delle immagini telerilevate con il *layer* vettoriale delle sezioni di censimento dei comuni di prima corona, si è poi passati alla prima fase (punto 1) suddivisa in:

a) *classificazione di saldatura tra dati satellitari e quelli censuari*. Partendo da una classificazione (bande 2-3-4-5) *unsupervised (isocluster)* su alcune categorie, scelte come urbano-rappresentative, si determina parallelamente, secondo l'approccio dasimetrico, una prima densità di popolazione (popolazione/pixels) per ogni sezione di censimento. Oltre a quantificare numericamente la popolazione per pixels il risultato finale discriminerà una prima dualità "urbano- non urbano".

b) *classificazione dei dati satellitari che utilizza bande spettrali già corrette radiometricamente e bande contestuali (espressione dell'informazione di tipo spaziale)*. Ciò risulta combinando i risultati della classificazione *unsupervised (isocluster)* sulle stesse bande, un indice di vegetazione TVI (*Transformed Vegetation Index*) e l'insieme delle bande contestuali di densità, di fonte Istat, dell'edificato ad uso abitativo (n. edifici/km²) e della popolazione (popolazione/km²).

Dall'*overlay* di tali stratificazioni tematiche deriva una resa migliore nella discriminazione del *pattern* urbano-non urbano.

La seconda fase (punto 2) viene redatta attraverso l'individuazione delle probabilità *a priori* di particolari indicatori di sintesi (TB, CS, AUN, MFB e SFB), trovandone relativa corrispondenza logica con quelli dei censimenti Istat (Tab.1).

Indicatori di sintesi	Indicatori ISTAT	
	Codice	Descrizione
TB o numero totale di edifici ad uso abitativo	E3	Edifici ad uso abitativo
CS o numero di edifici principalmente destinati a funzioni non residenziali	E4	Edifici e complessi di edifici (utilizzati) per alberghi, uffici, commercio e industria, comunicazioni e trasporti
AUN o numero di edifici residenziali costruiti prima del 1945	E9	Edifici ad uso abitativo costruiti prima del 1919
	E10	Edifici ad uso abitativo costruiti tra il 1919 e il 1945
MFB o numero di edifici multi-familiari, costruiti dopo il 1945	E18	Edifici ad uso abitativo con 3 piani
	E19	Edifici ad uso abitativo con 4 piani o più
SFB o numero di edifici singoli-familiari, costruiti dopo il 1945	E16	Edifici ad uso abitativo con un piano
	E17	Edifici ad uso abitativo con 2 piani

Tabella 1 - Corrispondenza tra gli indicatori di sintesi elaborati e quelli Istat

Prima di applicare il classificatore *bayesiano* del software *Idrisi Kilimanjaro*, si è reso necessario un processo di elaborazione condizionale con calcolo delle probabilità *a priori*, secondo le occorrenze trovate entro ogni sezione di censimento dei relativi comuni, assumendo quale vincolo la somma delle quattro probabilità/immagini pari all'unità:

$p(\text{CS}) = \text{CS}/\text{TB}$

IF $p(\text{CS}) > 0.7$ THEN

$p(\text{CS}) = 1.0$, $p(\text{MFB}) = p(\text{SFB}) = p(\text{AUN}) = 0$

ELSE

$p(\text{CS}) = 0$

inoltre:

IF $p(\text{CS}) = 0$ THEN

$p(\text{AUN}) = \text{AUN}/\text{TB}$

$$p(\text{MFB}) = (\text{MFB}_t - \text{ALFA} \cdot \text{AUN}) / \text{TB}$$

$$p(\text{SFB}) = (\text{SFB}_t - \text{BETA} \cdot \text{AUN}) / \text{TB}$$

Quest'ultime due equazioni derivano dal fatto che dai dati Istat non è possibile ricavare in maniera diretta il numero degli edifici multi-familiari (o singoli) costruiti dopo il 1945 come richiesto dalle ipotesi, ma, in modo dissociato, solo il numero degli edifici multi-familiari (o singoli) ed il numero degli edifici costruiti dopo il 1945. Quindi se MFB_t è pari al numero degli edifici multi-familiari e SFB_t a quello degli edifici singoli-familiari, i parametri ALFA e BETA ($\text{ALFA} + \text{BETA} = 1$) prendono conto della frazione degli edifici storici che sono rispettivamente multi-familiari e singoli-familiari (riferiti alle verticalità delle strutture edilizie). Nel nostro caso si è utilizzato $\text{ALFA} = \text{BETA} = 0.5$. Inoltre, essendo il classificatore bayesiano di tipo *soft*, si è reso necessario identificare aree *training sites* rappresentative delle classi di sintesi scelte da cui ricavare le relative *signatures*. Queste ultime, insieme alle immagini delle probabilità a priori prima elaborate, entreranno nel processo di classificazione bayesiana da cui si ricava, il valore percentuale della classe di sintesi presente nel *pixel*.

Infine, per la terza fase (punto 3), l'analisi della matrice di confusione, derivata da un'opportuna strategia di campionamento, ci ha consegnato un'accuratezza della classificazione (*overall accuracy*) del 73%.

Discussione

Dall'applicazione di questa classificazione, che comprende dunque sinergicamente dati statistici censuari e *remote sensing*, ne deriva una mappatura tipologica dell'edificato.

Il confronto tra la rappresentazione coropleta e quella *bayesiana* contribuisce ad identificare da un lato i macro processi in atto, e dall'altro a fornire i dettagli nella distribuzione delle varie tipologie insediative dell'area di studio (Fig.1).

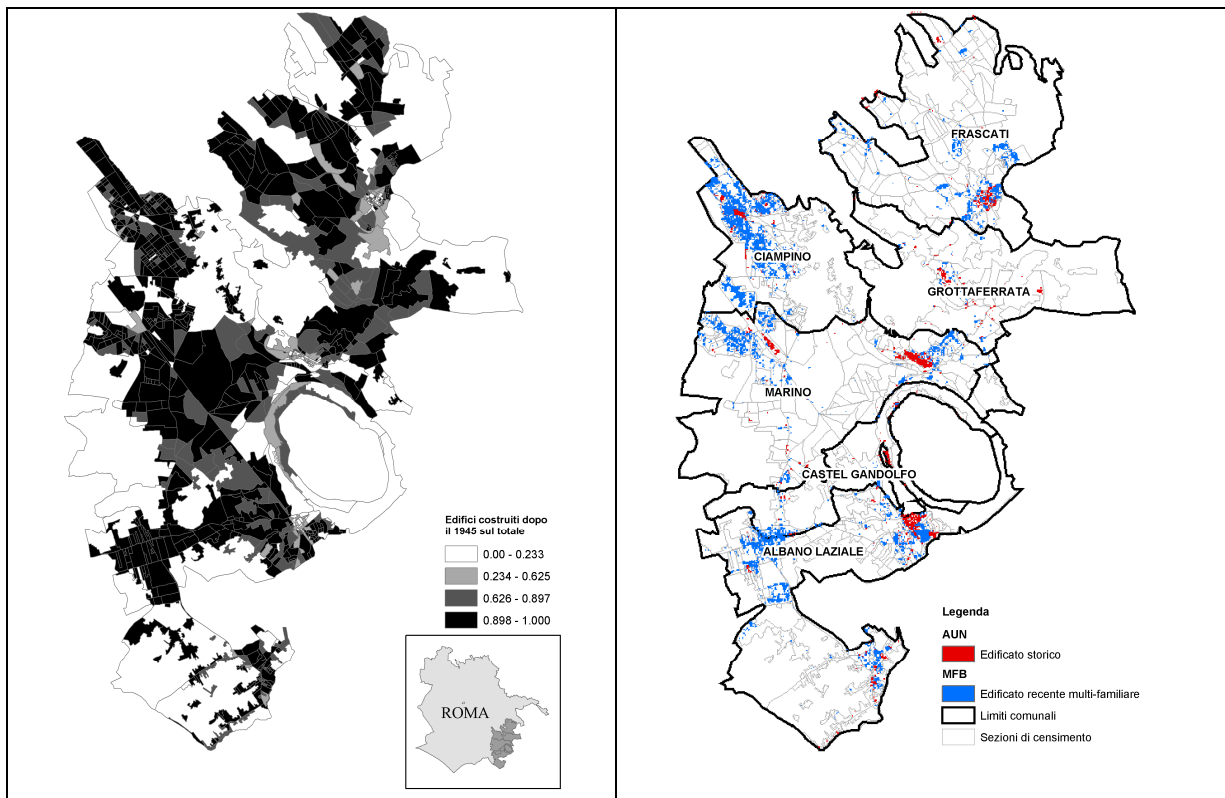


Figura 1 - A sinistra: Carta coropleta delle sezioni di censimento con la distribuzione delle abitazioni dopo il 1945 (sul totale). A destra: mapping da classificazione bayesiana con centri storici o AUN (scuri) e MFB (chiari).

Dal primo punto di vista infatti si nota che il patrimonio abitativo dell'intero contesto successivo al 1945 costituisce una quota del tutto rilevante del totale (oltre l'80%), mentre l'analisi di dettaglio delle categorie dell'edificato ne ricostruisce la forma e ne riconosce le strutture. In sintesi per i comuni analizzati si nota:

Ciampino. Caratterizzato da uno sviluppo urbano recente con elementi di spiccata diffusione “a nebulosa” degli edifici ad uso abitativo a più piani successivi al 1945. All'interno dell'ambito comunale si rileva l'ulteriore espansione dell'edificato della località di Santa Maria delle Mole anch'essa di sviluppo recente che si contraddistingue tuttavia per una forma per così dire “orbitale” con un asse centrale, caratterizzato da qualche episodio edificato storicamente lungo l'infrastruttura viaria principale, ma più ampiamente evidenziato dalla presenza di nuclei isolati di recente edificazione a più piani.

Albano Laziale. Il centro abitato principale si distingue per uno sviluppo urbano di carattere prevalentemente storico con una netta separazione tra il consolidato e l'edificato più recente. Interessante appare la conformazione urbana recente del nucleo abitato di Pavona che assume a sua volta una forma di tipo “stellare” seguendo l'andamento degli assi infrastrutturali in direzione nord-sud-est.

Marino. Anche in questo caso si evidenzia la decisa separazione tra il centro storico consolidato ed l'espansione più recente che assume tuttavia, a differenza del caso precedente, una conformazione non più “stellare”, ma tipo genericamente lineare che segue l'andamento degli assi viari di raccordo tra le diverse entità urbane.

Grottaferrata. Scarsa diffusione di edifici multipiano di epoca recente e una più intensa presenza di edificato storicamente consolidato. Va precisato tuttavia come in questo caso il territorio comunale si completa con la presenza di un fitto tessuto di abitazioni a bassa densità quale forma decisiva di occupazione del suolo.

Frascati. Mix edificato con un *pattern* eterogeneo più antico frammisto ad episodi di costruzioni più recenti. Si nota inoltre la presenza di abitazioni recenti in stretta correlazione con il centro abitato principale. Scarse appaiono infine le relazioni tra edificato e infrastrutture viarie.

Rispetto ai soli valori di densità relativi alle abitazioni per epoca di costruzione, i comuni si distribuiscono sostanzialmente in due quadranti con “comportamenti” dunque decisamente differenziati tra loro (Fig.2).

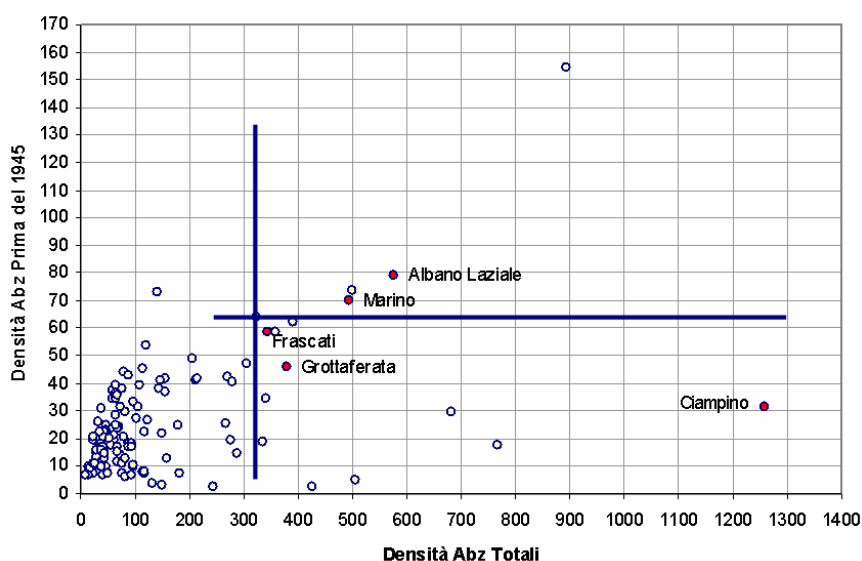


Figura 2 - Rapporto tra la densità totale delle abitazioni e quella prima del 1945 nei comuni della Provincia di Roma.

Il caso “limite” è costituito dal comune più “giovane”, quello di Ciampino, che presenta un notevole squilibrio tra la densità di abitazioni successive al 1945 (il più elevato dell’intero contesto provinciale) e la componente storica dell’edificato. I comuni di Albano Laziale e Marino presentano, al contrario, una componente di urbanizzato consolidato che supera i valori medi della provincia, associato ad altrettanto elevati valori di densità di abitazioni totale. In sostanza in questi comuni l’espansione edilizia recente sembra aver avuto un peso notevole.

Negli altri due centri (Frascati e Grottaferrata), il comportamento sembra essere “simile” a quello indicato per Ciampino con una differenza tuttavia sostanziale in riferimento all’“equilibrio” tra la componente storica e le più recenti espansioni edilizie.

Conclusioni

Nella primaria questione che riguarda l’identificazione e la delimitazione dello spazio urbano il metodo di classificazione proposto descrive un *pattern* spaziale certamente più realistico rispetto a quello derivato dalle rappresentazioni coroplate delle zone censuarie che ne delimitano solamente gli spazi “identitari”.

La visibilità di una variabilità urbana, ben distinguibile, tra centri o gruppi di edifici storici ed un edificato multi-piano recente, ci ha consegnato un nuovo modello interpretativo di analisi geografica per gli ambiti delle zone periurbane di Roma che sarà ulteriormente approfondito.

Seppure applicato in modalità ancora sperimentali, il contributo derivante dai dati ancillari, sembra aver affinato la ricerca delle diverse tipologie urbane ricavabili dalle immagini da satellite. Un ulteriore sviluppo potrebbe essere quello di “re-immettere” tale procedura nel processo metodologico relativo alle diverse tecniche di *areal interpolation* e in particolare di quella dasimetrica.

Bibliografia

Fisher P. F., Langford M. (1995), *Modelling the errors in areal interpolation between zonal systems by Monte Carlo Simulation*, Environment and Planning A, 27(2), pp. 11-24.

Goodchild M. F., Lam. N. (1980), *Areal interpolation: A variant of the traditional spatial problem*, Geoprocessing, 1, pp. 297-331.

Holt J.B., Lo C.P., Hodler R.W. (2004), *Dasymetric estimation of population density and areal interpolation of census data*, Cartography and Geographic Information Science, 31, pp. 103-121.

Indovina F. (1990), *La città diffusa*, Venezia, DAEST-IUAV.

Langford M., Maguire D. J., Unwin D. J. (1991), *The areal interpolation problem: Estimating population using remote sensing in a GIS framework*, in: Handling Geographical Information: Methodology and Potential Applications, ed. Ian Masser and Michael Blakemore, 5 5-77. London: Longman.

Mennis J. (2003), *Generating Surface Models of Population Using Dasymetric Mapping*, The Professional Geographer, 55(1), pp 31-42.

Mesev V. (1999), *From measurement to analysis: A GIS/RS approach to monitoring changes in urban density*, in: Geographic Information Research: Trans-Atlantic Perspectives, ed. M. Craglia and H. Onsrud, 303-17. London: Taylor and Francis.

Rocha J., Tenedório J. A. (2001), *Integrating Demographic GIS and Multisensor Remote Sensing Data in Urban Land Use/Cover Maps Assembly*, IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, Novembre, Roma, pp. 46-51.

Roditi G. (2005), *Appunti sul divenire del paesaggio metropolitano*, in A. Di Blasi (a cura di), *Geografia dialogo tra generazioni*, Atti del XXIX Congresso Geografico Italiano, vol. II, Pàtron Editore, Bologna, pp. 551-556.

Wright J. K. (1936), *A method of mapping densities of population with Cape Cod as an example*, Geographical Review, 26, pp. 103-10.