

LA SABINA TIBERINA. ANALISI ESPLORATIVA PER LA ZONA ARCHEOLOGICA DELL'AGER ERETANUS

PREMESSA

Come è noto la Sabina Tiberina è un territorio caratterizzato da notevoli tracce di antichi insediamenti antropici che vanno dall'epoca arcaica fino al tardo medioevo.

Col presente lavoro si intende portare un contributo alla conoscenza delle consuetudini di quelle antiche popolazioni mediante l'uso di metodologie proprie della statistica spaziale e più precisamente delle tecniche di *point pattern analysis*. A questo proposito, pur considerando come area di studio l'intera Sabina Tiberina, l'interesse è stato prevalentemente incentrato sull'*Ager Eretanus* poiché al riguardo la letteratura, oltre ad un'ampia documentazione (QUILICI GIGLI, SANTORO 1994), rende immediatamente disponibile una ricca e ben organizzata raccolta di dati archeologici e topografici (OGILVIE 1965).

È qui appena il caso di ricordare che uno studio di questa natura necessita di un importante supporto informatico quale un Sistema Informativo Territoriale (G.I.S.) opportunamente organizzato. Il lavoro è comunque strutturato in tre parti. Nella prima sezione vengono presentate sinteticamente le modalità di organizzazione di un Sistema Informativo Territoriale orientato prevalentemente ad applicazioni per la ricerca archeologica nella zona indicata in premessa. Nella seconda sezione vengono proposti e commentati i risultati di un'applicazione di *point pattern analysis* ai siti di epoca sabina cui si è fatto riferimento sopra (OGILVIE 1965). Nel terzo paragrafo infine, oltre ad uno studio sulla robustezza del modello esplicativo identificato, viene proposto un metodo di rappresentazione ad isolinee di densità di siti archeologici (GETIS, FRANKLIN 1986).

1. IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE (G.I.S.)

Il G.I.S. è stato sviluppato inserendo sul data base cartografico innanzitutto la cartografia di base della zona. Più precisamente sette tavolette in scala 1:25.000 dell'I.G.M. sono state digitalizzate in formato raster per riferimento topografico su video, mentre le infrastrutture e la idrografia principale presenti sulle zone di interesse sono state digitalizzate per costituire riferimento topografico nella stampa di mappe tematiche. Successivamente è stata inserita l'orografia numerica in scala 1:25.000 dell'I.G.M. e la copertura aerea del comune di Magliano Sabina sempre alla stessa scala. Inoltre è stata georeferenziata ed inserita nel G.I.S. un'immagine da piattaforma orbitante LANDSAT di tutta l'area della "Sabina Tiberina" nonché la geologia regiona-

le in scala 1:100.000.

Sono stati infine inseriti nel Sistema Informativo dati geometrici e descrittivi relativi alla tavoletta I.G.M. di Passo Corese (*Ager Eretanus*) desunti da letteratura (OGILVIE 1965) ovvero, per quanto riguarda *Eretum*, sono stati studiati e classificati più di 100 siti tra sabini-arcaici e romani. Una prima aggregazione dei dati, è stata ottenuta costruendo delle tabelle di codifica suddivise in classi di appartenenza per epoca e per tipologia di sito come indicato nelle tabelle seguenti:

	A	B	C	D
0	Protostorico	Arcaico - Sabino	Romano	Medioevale
1			Repubblicano	
2			Imperiale	

Tab. 1 - Codifica per epoche storiche.

	A	B	C	D	E
	GENERICO	RELIGIOSO	ABITATIVO	FUNERARIO	PRODUTTIVO
1	Non definito	Tempio	Insedimento	Tomba	Cisterna
2		Deposito votivo	Casa	Tomba a camera	Acquedotto
3		Chiesa	Capanna	Cimitero	Forno
4			Villa	Mausoleo	Pozzo
5			Torre	Sarcofago	Macina
6				Ossa	Pressa

Tab. 2 - Classificazione e codifica di siti archeologici.

Per Magliano Sabina dati storici e geologici di superficie sono stati acquisiti mediante ricognizione e georeferenziazione sul terreno. Il G.I.S. così organizzato ha consentito tutta una serie di elaborazioni riguardanti sub-aree archeologiche della Sabina Tiberina. In particolare, sono state prodotte mappe tematiche (ricostruzione D.T.M. del terreno, mappe delle pendenze, studio delle esposizioni etc.), anche a tematismi sovrapposti, nonché analisi statistiche preliminari, in vista dello studio modellistico della zona archeologica oggetto della presente indagine.

2. L'ANALISI DEL II ORDINE DI UNA MAPPA DI PUNTI

Dopo una classificazione per epoca e per tipologia di sito, la prima operazione effettuata è stata quella di trasformare la distribuzione spaziale dei siti, selezionati per epoca storica, in *pattern* di punti distribuiti in uno spazio omogeneo (ESPA *et al.* 1995). Occorre precisare che in questo lavoro si è fatto riferimento ai siti di epoca sabina poiché la domanda storica relativa

ai sabini di epoca storica, in questo periodo è interessata allo studio di quelle strutture che spesso sono alla base dei fenomeni sociali ed economici dei vari aggregati umani. Si è quindi proceduto all'analisi preliminare della mappa di punti così ottenuta attraverso la funzione $\hat{K}(d)$ di Ripley (RIPLEY 1977) e cioè:

$$\hat{K}(d) = A \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N K_{ij}(d) / N^2 \quad [1]$$

o più precisamente di una sua trasformata (la funzione $\hat{L}(d)$ dovuta a Besag (BESAG 1977) ovvero

$$\hat{L}(d) = [\hat{K}(d) / \pi]^{1/2} \quad [2]$$

Analizzando la Fig. 1 si può osservare che:

1. il grafico $\hat{L}(d)$ mostra una marcata tendenza alla clusterizzazione nell'intervallo $487 \text{ m} < d < 1625$ con un livello di significatività pari al 5%
2. $\hat{L}(d) = 0$ nell'intervallo $0 \leq d \leq 130$ m significa che non si hanno siti in un intorno di 130 m di raggio con centro in uno qualunque dei siti considerati (distanza del vicino più prossimo)
3. $d = 487$ m è la soglia al di là della quale la clusterizzazione è statisticamente significativa.
4. $d = 1625$ m è la soglia di massima clusterizzazione

Tutte queste informazioni sono estremamente importanti perché consentono, almeno sul piano teorico, il confronto tra varie configurazioni spaziali di siti di interesse storico. Esse costituiscono altresì la base per la costruzione e la verifica di modelli e di ipotesi socio-culturali.

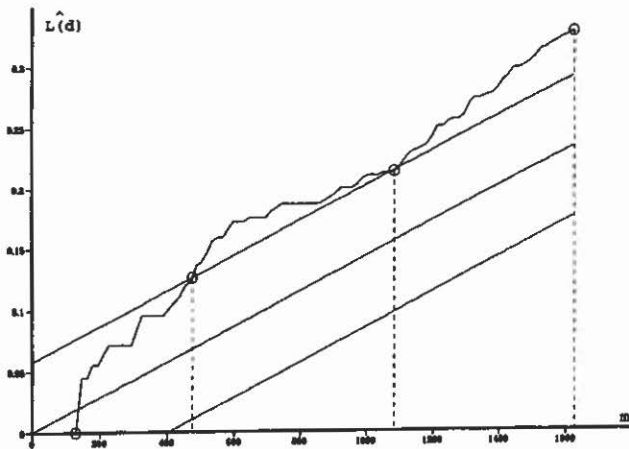


Fig. 1 - Siti di epoca arcaico-sabina. Diagramma della funzione $\hat{L}(d)$ calcolata per $N = 25$ siti.

3. VERIFICA DELLA ROBUSTEZZA DEL MODELLO IDENTIFICATO

I dati trattati nel precedente paragrafo, provenendo da letteratura e quindi da rilevazioni non recenti, possono prestarsi ad alcune obiezioni. Per esempio: il rilevatore ha adottato criteri e metodi di misura diversi da quelli accettati dagli strumenti di elaborazione attualmente disponibili oppure, riguardo alla precisione, la moderna tecnologia avrebbe certamente consentito rilevazioni più accurate.

Per verificare l'influenza sul modello identificato di eventuali errori di localizzazione, si è proceduto ad una serie di simulazioni in cui la posizione originaria dei siti viene modificata mediante l'introduzione di errori casuali.

Il processo di generazione dei dati (D.G.P. - *Data Generating Process*) ha seguito i seguenti due criteri:

- 1) ogni sito viene spostato casualmente su una circonferenza di raggio variabile centrata sul sito originario (ipotesi forte);
- 2) ogni sito è stato spostato a caso in un cerchio di raggio variabile centrato sul sito originario (ipotesi debole).

Ogni punto della mappa originaria è stato spostato di una certa quantità casuale lungo le coordinate $[x,y]$. In altri termini il procedimento seguito è il seguente: per ogni punto sono stati calcolati, in coordinate polari (modulo e anomalia) gli spostamenti casuali della posizione iniziale. Inoltre, per effettuare questi spostamenti si è proceduto fissando intervalli di variazione del raggio (modulo) sempre più ampi (di 10 m in 10 m), con la possibilità di estrarre valori compresi tra zero e l'estremo superiore dell'intervallo, mentre l'angolo (anomalia) viene fatto variare tra 0° e 359° di grado in grado. L'intervallo max simulato è un raggio di 100 metri.

La scelta di intervalli successivi è stata fatta per determinare eventualmente una soglia oltre la quale il modello esplicativo identificato per la mappa esaminata assumesse caratteri significativamente diversi. Un'ulteriore elaborazione con ipotesi di casualità più restrittive (ma con errore di posizionamento maggiore), è stata eseguita con un procedimento analogo al precedente.

L'intervallo di variazione del raggio sempre di 10 m fino ad un max di 100 m, coincide con l'estremo superiore del raggio, mentre l'angolo viene generato casualmente di grado in grado. In questo caso si avrà una distanza dal punto originario comune per tutti i punti della mappa ognuno con un valore dell'angolo diverso e casuale. Entrambi i processi sono stati ripetuti 100 volte e per ogni replicazione è stata disegnata la funzione $\hat{L}(d)$. Dall'analisi dell'insieme dei grafici così ottenuti, si può osservare che solo nei casi limite si ha una modesta variazione dei parametri del modello, mentre resta sostanzialmente identico l'andamento dei grafici.

Ciò significa che, anche ammettendo la presenza di consistenti errori di misura, le conclusioni inferenziali circa la natura del modello stocastico da adattare ai dati non mutano. I risultati mostrano come le conclusioni inferen-

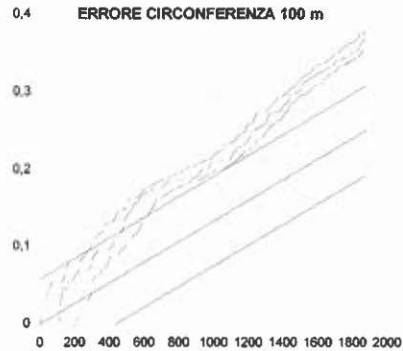
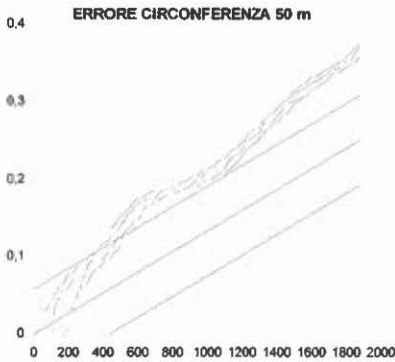


Fig. 2a – Andamento della $\hat{L}(d)$ per 25 siti Sabini con errori casuali di localizzazione su un cerchio di $r = 50$ m con variazione angolare $0^\circ \pm 359^\circ$, passo 1° (ipotesi forte).

Fig. 2b – Andamento della $\hat{L}(d)$ per 25 siti Sabini con errori casuali di localizzazione su un cerchio di $r = 100$ m con variazione angolare $0^\circ \pm 359^\circ$, passo 1° (ipotesi forte).

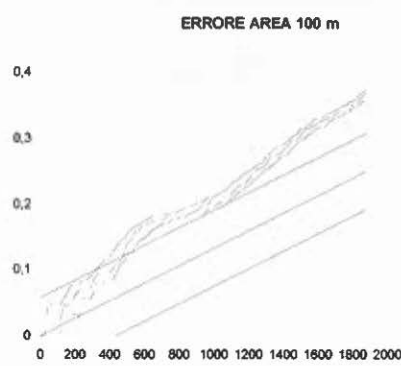
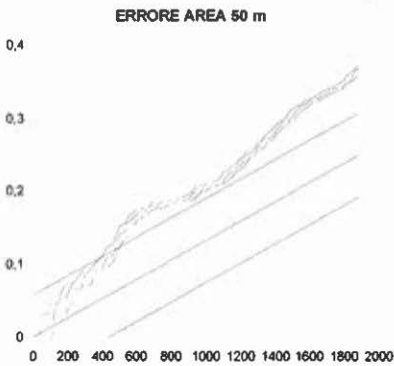


Fig. 3a – Andamento della $\hat{L}(d)$ per 25 siti Sabini con errori casuali di localizzazione su un cerchio di $r_{\max} = 50$ m con variazione angolare $0^\circ \pm 359^\circ$, passo 1° (ipotesi debole).

Fig. 3b – Andamento della $\hat{L}(d)$ per 25 siti Sabini con errori casuali di localizzazione su un cerchio di $r_{\max} = 100$ m con variazione angolare $0^\circ \pm 359^\circ$, passo 1° (ipotesi debole).

ziali formulate non subiscono variazioni di rilievo (cfr. Figg. 2 e 3).

3.1 Isolinee di densità

Infine, utilizzando ancora una trasformata della funzione $\hat{K}(d)$ di Ripley ovvero $\hat{L}_i(d)$ (GETIS, FRANKLIN 1986)

$$\hat{L}_i(d) = \left[A \sum_{j \neq i} K_{ij} / \pi(n-1) \right]^{1/2} \quad [3]$$

si sono ottenute delle rappresentazioni sia ad isolinee, sia in scala cromatica, che evidenziano zone di intensità di sito variabile (Tav. XXa-b). Informazioni di questa natura rivestono un'importanza fondamentale in quanto consentono di quantificare fenomeni di clusterizzazione a differenti livelli di scala.

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Fin qui si sono mostrati i risultati relativi all'utilizzo di una statistica funzionale, cioè la funzione $\hat{L}(d)$, la quale rappresenta in un certo senso "la media" delle relazioni che intercorrono fra le distanze tra i siti archeologici osservati. Per quantificare i fenomeni di attrazione e repulsione che interessano le configurazioni spaziali in esame, si può procedere costruendo la funzione $\hat{L}_i(d)$ per ogni singolo sito archeologico. In tal modo si può stabilire a quale livello di distanza un sito appartenga o meno ad un *cluster*.

Lo strumento statistico adottato è, fra l'altro, di grande utilità qualora il *pattern* totale non si discosti dalla casualità completa per studiare fenomeni locali di inibizione e clusterizzazione che possono comunque essere presenti. In particolare, nel caso in esame non è stato affrontato il problema di condurre un'analisi del secondo ordine via $\hat{L}_i(d)$ per alcuni siti particolarmente significativi e rappresentativi. L'attenzione è stata però incentrata su una rappresentazione grafica di immediato riscontro pratico.

Prendendo in considerazione la sola soglia $d = 487$ m (distanza alla quale la clusterizzazione diviene statisticamente significativa) sono stati calcolati i valori $\hat{L}_i(d = 487)$, $i = 1, 2, \dots, 25$. Una rappresentazione per isolinee $\hat{L}_i(d = 487)$, $i = 1, 2, \dots, 25$ è riportata in Tav. 0,1a; una lettura più semplice della Tav. XX, a è consentita dall'esame di Tav. XX, b che mostra una rappresentazione di $\hat{L}_i(d = 487)$ in scala cromatica. Le porzioni di figura più chiare corrispondono alle zone interessate da più intensi fenomeni di clusterizzazione.

La Tav. XX a riporta i siti oggetto di studio e le isolinee per le quali $\hat{L}_i(d)$ supera il valore atteso nell'ipotesi di casualità completa $\hat{L}_i(d = 487)$ ed evidenzia in modo più preciso le zone di maggiore intensità di sito archeologico.

In questo lavoro ci si è limitati a presentare un esempio che costituisce una sorta di "fotografia istantanea scattata" ad una soglia pari a 487 m. È interessante, ed è una delle linee di studio del gruppo di lavoro, valutare quali cambiamenti occorrono quando si fa variare la soglia d (magari scegliendo un limitato numero di livelli d particolarmente significativi). In particolare sarebbe interessante valutare se i *clusters* individuati ad un dato livello di risoluzione rimangono tali variando la scala oppure se vanno a costituire dei *clusters* più ampi.

Giuseppe ESPA

Università degli Studi di Trento
Istituto di Statistica e Ricerca Operativa

SALVATORE ESPA

ROBERTO GABRIELLI

UGO RICCI

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali
C.N.R. - Area della Ricerca di Roma, Montelibretti

BIBLIOGRAFIA

- BESAG J. 1977, *Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper*, «Journal of the Royal Statistical Society», B, 193-195.
- ESPA G., ESPA S., GABRIELLI R., PIFFERI A., RICCI U. 1995, *Impiego integrato di metodi statistico-spaziali e tecniche informatiche nell'analisi di aree di interesse storico-archeologico*, «Archeologia e Calcolatori», 6, 35-60.
- GETIS A., FRANKLIN J. 1986, *Second-Order Neighborhood Analysis of Mapped Point Patterns*, «Ecology», 65 (3), 473-477.
- OGILVIE R.M. 1965, *Eretum*, «Papers of the British School at Rome», 32, 70-112.
- QUILICI GIGLI S., SANTORO P. 1994, *Eretum: ricerca topografica sull'abitato in epoca arcaica*, «Archeologia Laziale», 12, 641-663.
- RIPLEY B.D. 1977, *Modelling Spatial Pattern (with Discussion)*, «Journal of the Royal Statistical Society», B, 39, 172-212.

ABSTRACT

The aim of this work reported here is the contribution to the knowledge of the ancient population located in the *Ager Eretanus* through the statistical methodology known as "point pattern analysis". We first present a brief discussion on the management of an application-oriented GIS in the field of archaeological research. Then we show the results of a "second order analysis" on the data at our disposal. Finally we approach two interesting methodological problems. The first concerns the evaluation of the influence exerted on the model by possible errors in the location of the points. The second regards the proposal of a graphical representation which proves very useful in showing the variable intensity of the distribution of archaeological site.