

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ANNO CCCLXXVI - 1979

CONTRIBUTI DEL  
CENTRO LINCEO INTERDISCIPLINARE  
DI SCIENZE MATEMATICHE E LORO APPLICAZIONI  
N. 47

---

AMILCARE BIETTI

**METODI MATEMATICI E STATISTICI  
APPLICATI ALL'ARCHEOLOGIA  
E ALLA PALETOLOGIA**

CONFERENZA TENUTA IL 16 GIUGNO 1978



ROMA  
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
1979

In questa conferenza voglio brevemente illustrare alcune possibilità di applicazione di metodi matematici e statistici alle scienze archeologiche e paleontologiche, e cioè sia l'archeologia preistorica che quella di età storica, intese nel senso più ampio.

L'uso di questi metodi come strumento di analisi è già noto da vari anni all'estero, ed in particolare nei paesi anglosassoni: Gran Bretagna e Stati Uniti d'America, mentre in Italia siamo ancora un po' in ritardo, e soltanto negli ultimi anni si è incominciato ad applicarli, e, a mio giudizio, con profitto, come vedremo dai pochi esempi che qui saranno riportati.

Questo ritardo italiano è probabilmente dovuto al fatto che nel nostro paese le scienze archeologiche e paleontologiche fanno essenzialmente parte delle discipline umanistiche, che, nella loro accezione tradizionale, non fanno praticamente uso di analisi quantitative dei dati.

In altri paesi, al contrario, le scienze archeologiche, ed in particolare quelle preistoriche, sono spesso legate a quelle antropologiche e naturalistiche in una struttura dipartimentale, ed è pertanto naturale che assorbano da queste altre discipline, oltre ad una serie di idee ed impostazioni metodologiche e teoriche di importanza essenziale, tutto un bagaglio di tecniche matematiche e statistiche ormai comunemente impiegate da decenni.

La ragione dell'importanza e dell'attualità delle applicazioni matematiche e statistiche all'archeologia e alla paleontologia risiede soprattutto nell'enorme quantità di dati da analizzare, che si sta accumulando da anni come risultato non solo di scavi, ma anche di inventari di musei e collezioni, in concomitanza con le possibilità offerte oggi dagli elaboratori elettronici, che esistono ormai in molti Istituti di ricerca e Università in una vasta gamma di tipi, sia per dimensioni di memoria che per varietà di prestazioni.

Dirò subito che, per quanto mi riguarda, mi riferirò all'uso dei calcolatori elettronici solo come *strumenti* per l'applicazione di metodi matematici, praticamente indispensabili nei casi in cui la quantità di dati da analizzare è particolarmente elevata, e non accennerò affatto al problema dell'organizzazione e della sistemazione dei dati archeologici mediante calcolatore, in breve al problema della messa in opera di

*banche di dati* archeologici. Questo problema è importantissimo, vista, come si è già detto, la grande quantità di dati attualmente a disposizione (basta pensare, per l'Italia, all'Archeologia Classica), ma, dato il suo carattere più spiccatamente "informatico", resta fuori dal tema specifico di questa conferenza.

Nel nostro caso l'uso del calcolatore è quindi successivo alla scelta dell'algoritmo matematico, ed è strettamente necessario solo nei casi in cui l'elaborazione dei dati a mano o mediante calcolatori da tavolo richieda troppo tempo.

In quest'ordine d'idee è chiaro pertanto che i metodi matematici e statistici non sono "sussidii" dell'archeologia, come potrebbero esserlo, ad esempio, le analisi sedimentologiche o paleobotaniche di un giacimento, o le datazioni con il metodo del C 14, ma fanno parte integrante dell'analisi dei dati, e sarà l'archeologo stesso che dovrà impadronirsi di queste tecniche, in modo da poter scegliere quelle che reputa più opportune per il tipo di dati che deve analizzare.

Il calcolatore elettronico è invece uno strumento "sussidiario", per cui si dovrà avere eventualmente bisogno della collaborazione di specialisti (analisti e programmatori), così come è necessaria la collaborazione, ad esempio, di palinologi per le analisi paleobotaniche.

L'importanza dell'acquisizione di queste metodologie matematiche e statistiche da parte dell'archeologo e del paleontologo, risiede anche nel fatto che egli deve essere in grado di saperle impiegare quando occorrono veramente: in molti casi, come sappiamo benissimo da diversi esempi presenti e passati, possono non servire, ed una semplice analisi empirica e qualitativa dei dati (quella che potremmo chiamare ad uno stadio "zero" di matematizzazione) ci può dare subito risultati di interesse rilevante.

\* \* \*

Debbo forse scusarmi per il fatto che gli esempi che verranno mostrati in seguito sono in gran parte del Paleolitico, perché questo è il mio campo di attività specifica come paleontologo, ma spero comunque che possano risultare chiari a tutti, sul piano dell'applicazione metodologica.

Nell'analisi dei dati archeologici si distinguono, come è noto, essenzialmente due fasi: una più "sperimentale", se così vogliamo chiamarla, e che riguarda l'organizzazione della raccolta dei dati durante lo scavo, e l'altra più "fenomenologica", che cioè si riferisce all'analisi vera e propria dei dati ricavati dallo scavo.

Accennerò solo brevemente alla fase "sperimentale", e cioè ai problemi che si incontrano nell'organizzazione della raccolta dei dati durante lo scavo. Gli scavi moderni sono condotti secondo un rigoroso metodo stratigrafico, ed in più viene eseguita una ricognizione orizzontale dei reperti più importanti: ogni reperto viene quindi classificato mediante coordinate cartesiane a partire da un sistema di riferimento prefissato. Con questi dati lo scavo viene poi "ricostruito", se così si può dire, in laboratorio, anche con l'ausilio di mappe, disegni, fotografie, ecc.

Si vede subito come uno scavo stratigrafico così condotto abbia bisogno dell'applicazione di metodi matematici: l'esempio più semplice è quello dell'uso dell'elaboratore elettronico per disegnare automaticamente mappe di oggetti nei tre piani  $xy$ ,  $xz$  e  $yz$ , a partire dalle coordinate cartesiane (v. per es. Arambourou et al., 1973).

Ad un livello superiore di "matematizzazione" abbiamo poi il tentativo di riconoscere correlazioni spaziali significative di oggetti mediante opportune tecniche statistiche (analisi dimensionale della varianza, "nearest neighbour analysis", eccetera) già applicate in studi di ecologia delle piante. Queste metodologie sono particolarmente importanti per lo studio dell'organizzazione di suoli d'abitato preistorici (Whallon, 1973). Su questi argomenti è in corso una tesi di laurea presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Roma (D. Bulgarelli).

Una applicazione classica di metodi statistici allo scavo archeologico è quella del "random sampling", in particolare nei casi in cui la superficie da scavare è molto estesa e si vogliono eseguire dei saggi che possano dare dei "campioni" il più possibile rappresentativi dell'insieme archeologico. Eseguita una "quadrettatura" dell'area di scavo, e cioè una suddivisione in unità di area prestabilite ( $1 \text{ m}^2$ ,  $4 \text{ m}^2$  ad esempio) si scelgono a caso, mediante metodi tipo Montecarlo, per esempio, i quadrati da scavare.

È chiaro che questo metodo è applicabile nei casi in cui non si ha nessuna informazione "a priori" dell'insieme archeologico: se si sa già, ad esempio, che vi sono determinati tipi di strutture (muri, fondi di capanne, ecc.) in alcune zone della superficie considerata, è chiaro che lo scavo con il "random sampling" perde senso.

Voglio ora invece occuparmi più dettagliatamente delle applicazioni di metodi matematici e statistici all'analisi dei materiali provenienti dallo scavo, e cioè a quella che, come si è già detto, si può chiamare "fenomenologia" archeologica.

Tradizionalmente si possono considerare tre livelli di a-

nalisi: a) la ricognizione dei *tipi* (ceramici, litici, ecc.) come correlazione di "caratteri" o "attributi"; b) l'individuazione e la comparazione di complessi culturali ("assemblages") tramite il loro contenuto tipologico (livello precedente) e, piú generalmente, ecologico (attività economiche, tipi di insediamento, ecc.); ed infine c) lo studio globale dei *processi* culturali, e cioè l'evoluzione nel tempo e nello spazio di gruppi umani appartenenti ad una cultura, la loro interazione con altri gruppi, e quindi la possibilità di costruire *modelli* di sviluppo culturale.

Questa "scala" di livelli é piú o meno quella considerata dagli archeologi tradizionali: il concetto di tipo, ad esempio, che é lo scopo dell'analisi al primo livello, ha un preciso connotato culturale (e anche storico) come risultato *progettuale* dell'attività di una comunità umana. Questo suo significato non é generalmente condiviso: alcuni autori rifiutano la definizione stessa di *tipo*, e preferiscono parametri di analisi piú generali, come gli attributi, ad esempio, da correlare successivamente con altri parametri di carattere piú ecologico-ambientale.

In ogni caso penso che questa scala di livelli "tradizionale" sia un buon punto di riferimento e di partenza per il discorso di applicazione di metodi matematici e statistici che qui vogliamo impostare.

\* \* \*

Cominciamo quindi a considerare il primo livello di analisi dei dati e cioè quello della tipologia: il riconoscimento dei tipi come entità progettuali, come si é già accennato, prodotti finiti che denotano una intenzionalità da parte dell'uomo, come se fossero già stati prefigurati nella mente di chi li ha realizzati (Bordes, 1967). Il *tipo* é pertanto il risultato di una correlazione di diversi attributi (o "caratteri" come qualcuno li chiama). A buon diritto questi attributi possono essere considerati come le unità elementari, "irriducibili", di analisi dei dati: in altre parole i "mattoni" basilari per la costruzione dei tipi, e si possono opportunamente dividere in due categorie: a) attributi *metrici* (e cioè quantitativamente misurabili), come ad es. la lunghezza o la larghezza di uno strumento di selce, il diametro della bocca di un vaso di ceramica, ecc.) e b) attributi *nominali*, come ad es. il tipo di ritocco su uno strumento di selce o il tipo di decorazione su uno o piú tipi ceramici.

Non vi é dubbio che alcuni caratteri nominali, come ad esempio i vari tipi di ritocco su uno strumento di selce, po-

trebbero essere definiti, in linea di principio, su basi strettamente quantitative (nell'esempio in questione estensione del ritocco o sua angolazione), con una imprecisione notevole, però, certamente maggiore od uguale a quella dovuta alla variabilità "naturale" del prodotto dell'artefice preistorico.

Come è noto, fino a pochi anni fa la ricognizione di tipi litici o ceramici veniva effettuata su basi essenzialmente qualitative ed empiriche, con ottimi risultati: per quanto riguarda il Paleolitico, ad esempio, basterà ricordare le celebri liste di tipi della scuola di Bordeaux: quella del Paleolitico inferiore e medio (Bordes, 1961) e quella per il Paleolitico superiore (Sommeville-Bordes e Perrot, 1954-56). Per l'età del Ferro in Italia basterà citare, ad esempio, la tipologia dei corredi delle necropoli laziali di H. Müller-Karpe (1962).

Questi risultati, di grande importanza, si trovano, per così dire, ad uno stadio "zero" di matematizzazione. Per un'analisi più quantitativa degli attributi, nello spirito della costruzione di una tipologia, bisogna distinguere tra attributi metrici e nominali, già definiti poco fa.

Per quanto riguarda gli attributi metrici le applicazioni più comuni sono innanzitutto quelle della statistica tradizionale in una variabile: se, per esempio, vi è ragione di credere che alcuni strumenti litici di uno o più giacimenti abbiano una lunghezza predeterminata, e cioè che vengono costruiti secondo uno "standard" di lunghezza prescelto, si può costruire un istogramma di frequenze, e cioè un grafico in cui venga rappresentato il numero di oggetti al variare della loro lunghezza. Si dovrebbe trovare un massimo di frequenza in corrispondenza della lunghezza "predeterminata", e la significanza statistica dei risultati può essere determinata mediante i "tests" tradizionali basati sulle distribuzioni statistiche più comuni: Gaussiana, Poissoniana, ecc.

In fig. 1 abbiamo ad esempio gli istogrammi per le larghezze delle lame rinvenute nei tagli 4-5 del giacimento Epigravettiano di Taurisano (Lecce) (circa 15500 anni da oggi) (Bietti, 1977). I grafici sono ricavati da un programma (TI-POMT) impiegato sull'elaboratore UNIVAC 1100/22 dell'Università di Roma, in collaborazione con la dr. L. Zanella dell'Istituto di Fisica dell'Università di Roma.

Il primo istogramma è costruito a partire da un intervallo di larghezze di 1 mm. Si potrebbe pensare ad una distribuzione "bimodale", e cioè che presenta due "picchi" nelle frequenze, per larghezze intorno a 6 mm e a 10 mm. Nell'istogramma successivo, però, dove il "passo" è aumentato a 2 mm, l'istogramma diventa chiaramente "unimodale", con un massimo intorno a 7 mm. La conclusione ovvia è che la produzione di strumenti laminari

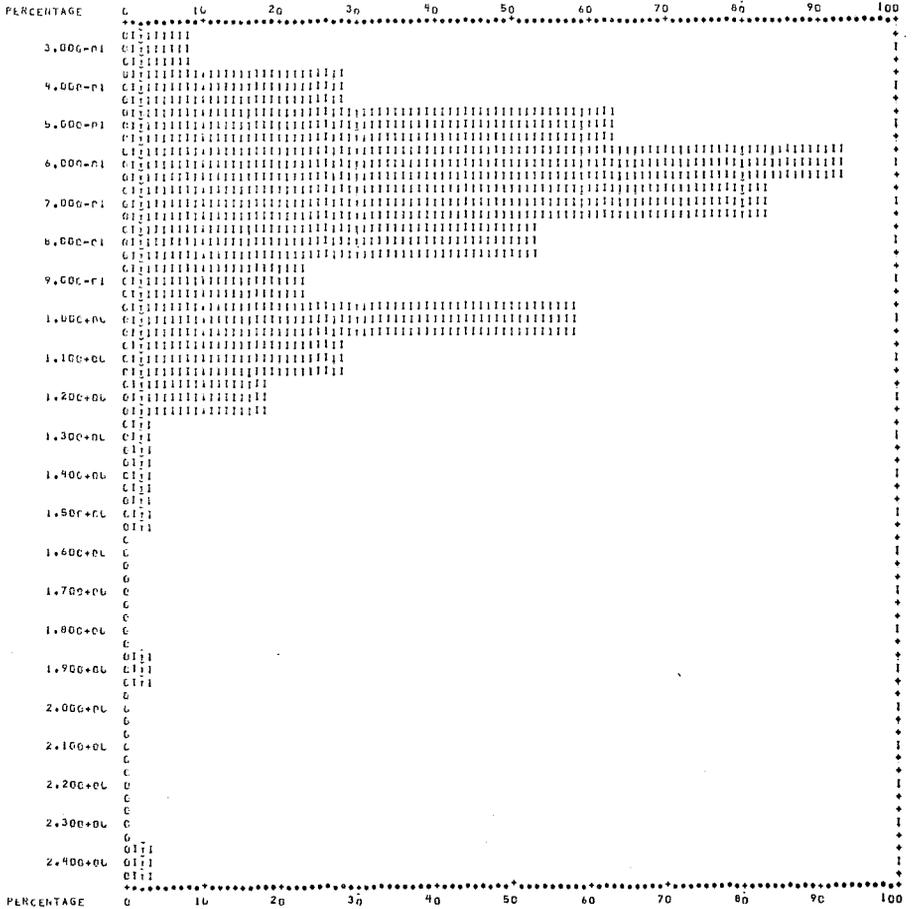


Fig. 1 - Istogrammi delle larghezze delle lame e lamelle dei cl. 4-5 del giacimento Epigravettiano di Taurisano (Lecce).

in questi tagli del giacimento di Taurisano è di piccole dimensioni, e cioè di lamelle (che convenzionalmente si definiscono come aventi larghezza minore od uguale a 12 mm).

Nel caso in cui vi fosse una intenzionalità effettiva di produzione non solo di lamelle, ma anche di lame (ad es. di larghezza intorno a 2,5 cm), dovremmo osservare invece due picchi nell'istogramma, separati in modo molto evidente, anche statisticamente sulla base di "tests" di significanza.

Sempre per quanto riguarda gli attributi metrici, è importante cercare di stabilire se alcune grandezze (ad es. lunghezza e larghezza di uno strumento di selce, altezza di una brocca di ceramica e diametro dell'imboccatura) sono *correlate* in modo statisticamente significativo. In fig. 2 si può vedere uno "scatter diagram" o *nuvola di punti* dove sono rappresentate le punte a dorso ("Gravettes" e "Microgravettes") del giacimento del Perigordiano superiore di Corbiac, in Dordogna (Bordes, 1967), in un piano che ha sulle ascisse la larghezza di queste punte e sulle ordinate la lunghezza. Ogni punto del grafico rappresenta quindi una di queste punte a dorso.

Come si vede anche ad occhio, vi sono due risultati importanti: innanzitutto i punti sono distribuiti in due gruppi chiaramente distinti tra di loro: uno (triangoli) che rappre-

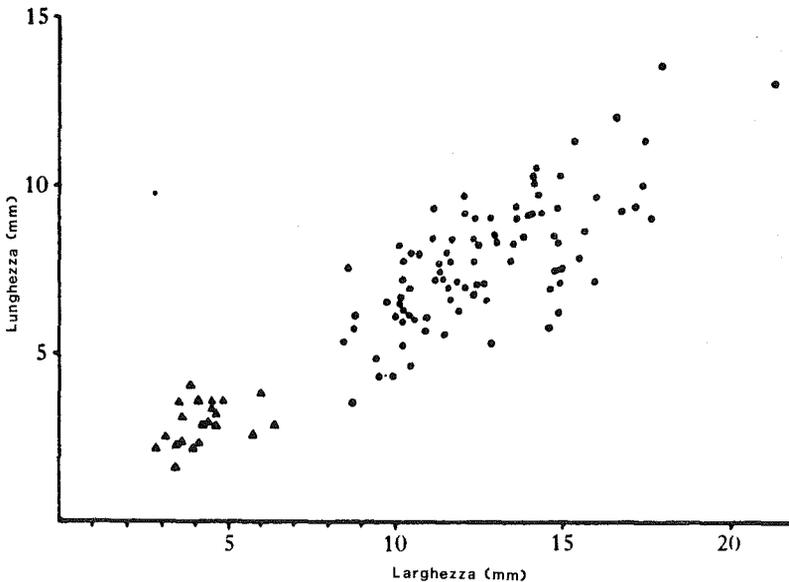


Fig. 2 - "Scatter diagram" delle punte a dorso (Gravettes e Microgravettes) del giacimento del Perigordiano Superiore di Corbiac (Dordogna) (da Bordes, 1967).

senta le Microgravettes e l'altro (punti) che rappresenta le Gravettes. Un istogramma delle larghezze di questi strumenti mostrerebbe quindi una struttura con due picchi abbastanza ben separati. Inoltre la figura mostra che tutti i punti, sia quelli delle Gravettes che quelli delle Microgravettes sono sostanzialmente allineati lungo una retta, e cioè c'è una correlazione precisa tra le larghezze e le lunghezze di queste punte.

Questa retta, che si chiama *retta di regressione*, può essere calcolata con il metodo dei minimi quadrati, ed è tanto meglio definita quanto più le due variabili (lunghezza e larghezza, nel nostro caso) sono *correlate*. Un grafico di punti sparsi sostanzialmente a caso nel piano non mostra nessuna correlazione, e cioè il *coefficiente di correlazione* definito da

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_k (y_k - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

dove  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  rappresentano i valori medi delle grandezze rappresentate rispettivamente in ascisse e in ordinate, sarà circa zero.

Nel caso della figura 2 è stato calcolato il valore  $r = 0,88$ , notevolmente alto, dato che il valore massimo del coefficiente di correlazione è 1. L'interesse di questo risultato per le punte a dorso di Corbiac risiede nella identificazione e separazione di due tipi ben precisi, le Gravettes e le Microgravettes: non solo vi è una intenzionalità nella creazione di due dimensioni distinte ma anche la *forma* dei due strumenti è la stessa, come il coltello ed il coltellino da frutta di un servizio di posate, che hanno gli stessi rapporti metrici.

Si possono mettere in evidenza correlazioni tra più grandezze misurabili: ad esempio ci si può porre il problema di vedere se in un insieme di anfore esistono delle correlazioni significative tra l'altezza, il diametro del piede e quello dell'imboccatura. Si possono usare a questo proposito delle tecniche di regressione multipla e in più dimensioni, che si trovano in ogni testo di statistica; non posso soffermarmi su di esse in questa sede, dato il tempo limitato a disposizione.

Passando ora agli attributi nominali, e cioè non metrici, anche in questo caso la ricognizione di correlazioni significative tra essi è stata in passato compiuta in modo sostanzialmente qualitativo, e con buoni risultati, come si può desumere dalle varie liste tipologiche esistenti, come quelle già citate della scuola di Bordeaux per il Paleolitico.

Ad un livello più quantitativo viene usato generalmente, per riconoscere correlazioni statisticamente significative, il metodo delle tabelle di contingenza e del  $\chi^2$ , largamente usato in biologia e medicina, e che è stato probabilmente introdotto nell'archeologia per la prima volta da A. C. Spaulding (1953), ed è stato successivamente impiegato da numerosi Autori (v. ad esempio Binford (1963) e Sackett (1966)).

Supponiamo di voler stabilire se, in un determinato contesto culturale, un tipo di decorazione (a fasce dipinte, ad esempio) è correlato con una forma ceramica particolare (una tazza rispetto ad una brocca, ad esempio). Come esempio concreto, supponiamo di avere 70 tazze, di cui 45 decorate e 25 non decorate, e 40 brocche, di cui 10 decorate e 30 non decorate. Possiamo così costruire una *tabella di contingenza* (tab. 1) che riporta questi numeri, insieme ai cosiddetti *totali marginali* (e cioè al numero totale di tazze (70), di brocche (40), di vasellame decorato (55) e non decorato (55)) nonché, ovviamente, il numero totale di oggetti (110). La tabella 1 mostra quella che si chiama la distribuzione *osservata*: per vedere se vi sono correlazioni statisticamente significative, bisogna confrontarla con un'analogha tabella, quella dei valori *aspettati*, calcolati nell'ipotesi che la presenza o assenza di decorazione sia egualmente distribuita tra tazze e brocche, tenendo fissi i totali marginali. Questi valori aspettati vengono ottenuti considerando per ogni casella il prodotto dei due totali marginali corrispondenti (ad esempio 55 X 70 per la prima casella) e dividendo per il numero totale di pezzi (110 nel nostro caso). Abbiamo così la tabella 2. La significanza statistica si trova con il metodo del  $\chi^2$ , e cioè si calcola per ogni casella la quantità

$$\chi^2 = \frac{(\text{freq. osserv.} - \text{freq. aspett.})^2}{\text{freq. aspett.}}$$

TABELLA 1

TABELLA 2

TABELLA 3

	dec. non dec. Totale			dec. non dec. Totale			dec. non dec. Totale		
Tazze	45	25	70	35	35	70	2.9	2.9	5.8
Brocche	10	30	40	20	20	40	5	5	10
Totali	55	55	110	55	55	110	7.9	7.9	15.8

ottenendo così la tabella 3. Più grande è il valore del  $\chi^2$  e più grande è la deviazione dei dati osservati da quelli aspettati. Nel nostro caso è la distribuzione della decorazione tra le brocche che si discosta di più dall'ipotesi di distribuzione "random".

Per avere una definizione probabilistica di questa deviazione dall'ipotesi "random", si somma su tutte le caselle della tabella 3 per ottenere il valore totale del  $\chi^2$ . Si calcola poi il numero di "gradi di libertà"  $\nu$ , e cioè il numero di parametri liberi del problema, che nel nostro caso (tabella 2 X 2) è 1, perché anche se le frequenze sono 4, vi sono tre quantità prefissate, e cioè i quattro totali marginali meno però il totale generale che li vincola. Ottenuto il valore di  $\nu$  ed il  $\chi^2$  totale, esistono opportune tabelle, su tutti i resti di statistica, che danno la probabilità di indipendenza (o alternativamente di associazione). Nel nostro caso  $\chi^2_{tot.} = 15.8$  e  $\nu = 1$ , e per questi valori le tabelle forniscono un valore di probabilità molto più piccolo dello 0.5% (a questo valore corrisponderebbe un  $\chi^2_{tot.} = 7.88$ ) che la distribuzione osservata sia spiegabile come fluttuazione statistica di quella aspettata in base all'ipotesi "random".

La correlazione presenza di decorazione-tazza e assenza di decorazione-brocca del nostro esempio è pertanto statisticamente significativa.

Il metodo si può generalizzare a più attributi (per es. tre tipi di decorazione, o più forme ceramiche) nel qual caso otteniamo tabelle di contingenza a più righe e più colonne, e non più 2 X 2 come nel nostro esempio, o addirittura a più di due classi di attributi (per es. tipi di decorazione, forme ceramiche, tipi di anse, ecc.).

È chiaro che in questi casi i calcoli sono più laboriosi e l'uso di un calcolatore elettronico diventa particolarmente comodo. È disponibile, ad esempio, un programma (CNTG) che effettua analisi di contingenza e del  $\chi^2$  fino a 5 classi di attributi, con 7 attributi per ogni classe (Bietti e Zanello, 1975).

Come esempio reale di correlazione statisticamente significativa voglio mostrare (fig. 3) quella tra punte a dorso microlitiche (Microgravettes) distali e prossimali (e cioè appuntite dalla parte della punta o del tallone) e lamelle a dorso da un lato, e dall'altro la presenza o assenza di assottigliamento inverso distale o prossimale su questi strumenti, provenienti dal giacimento Epigravettiano di Palidoro, presso Roma, datato tra circa 14000 e 16000 anni da oggi (Bietti, 1974-75). In fig. 4 diamo un esempio dell'industria rinvenuta.

Come si vede dalla figura 3, è una tabella 3 X 3, e il nu-

	Microg. dist.	Microg. prox.	Backed blad.	Totals
No flat inv. ret.	81	50	71	202
Flat prox. inv. ret.	11	27	16	54
Flat dist. inv. ret.	36	1	6	43
<b>Totals</b>	<b>128</b>	<b>78</b>	<b>93</b>	<b>299</b>

86.475	52.696	62.829
23.117	14.087	16.796
18.408	11.217	13.375

a) b)

	0.347	0.138	1.063	
$\chi^2_{tot} = 49.97$	6.351	11.85	0.037	$C = 0.381$
$V = T = 0.3$	16.80	9.32	4.06	$C_{max} = 0.82$

c)

Fig. 3 - Tabelle di contingenza per Microgravettes e lamelle a dorso del giacimento Epigravettiano di Palidoro (Roma).

mero di gradi di liberta', calcolato secondo la formula  $\nu = (r - 1)(c - 1)$ , dove  $r$  e  $c$  sono il numero di righe e di colonne della tabella di contingenza, e' 4 (da notare che, per  $r = c = 2$ , come era per l'esempio precedente delle tazze e delle brocche, la formula da' proprio  $\nu = 1$ ).

Il valore totale del  $\chi^2$ , come si vede in fig. 3 e' 49.97, che per  $\nu = 4$ , da' un valore di probabilita' molto piu' piccolo dello 0.01%. In figura vengono dati i valori dei coefficienti di associazione

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2_{tot.}}{N(q-1)}} \quad C = \sqrt{\frac{\chi^2_{tot.}}{\chi^2_{tot.} + N}} \quad (2)$$

dove  $N$  e' il numero totale di oggetti, e  $q$  e' il piu' piccolo tra  $c$  ed  $r$ , abbastanza alti ( $V = 0.3$  e  $C = 0.381$ ), tenuto conto del

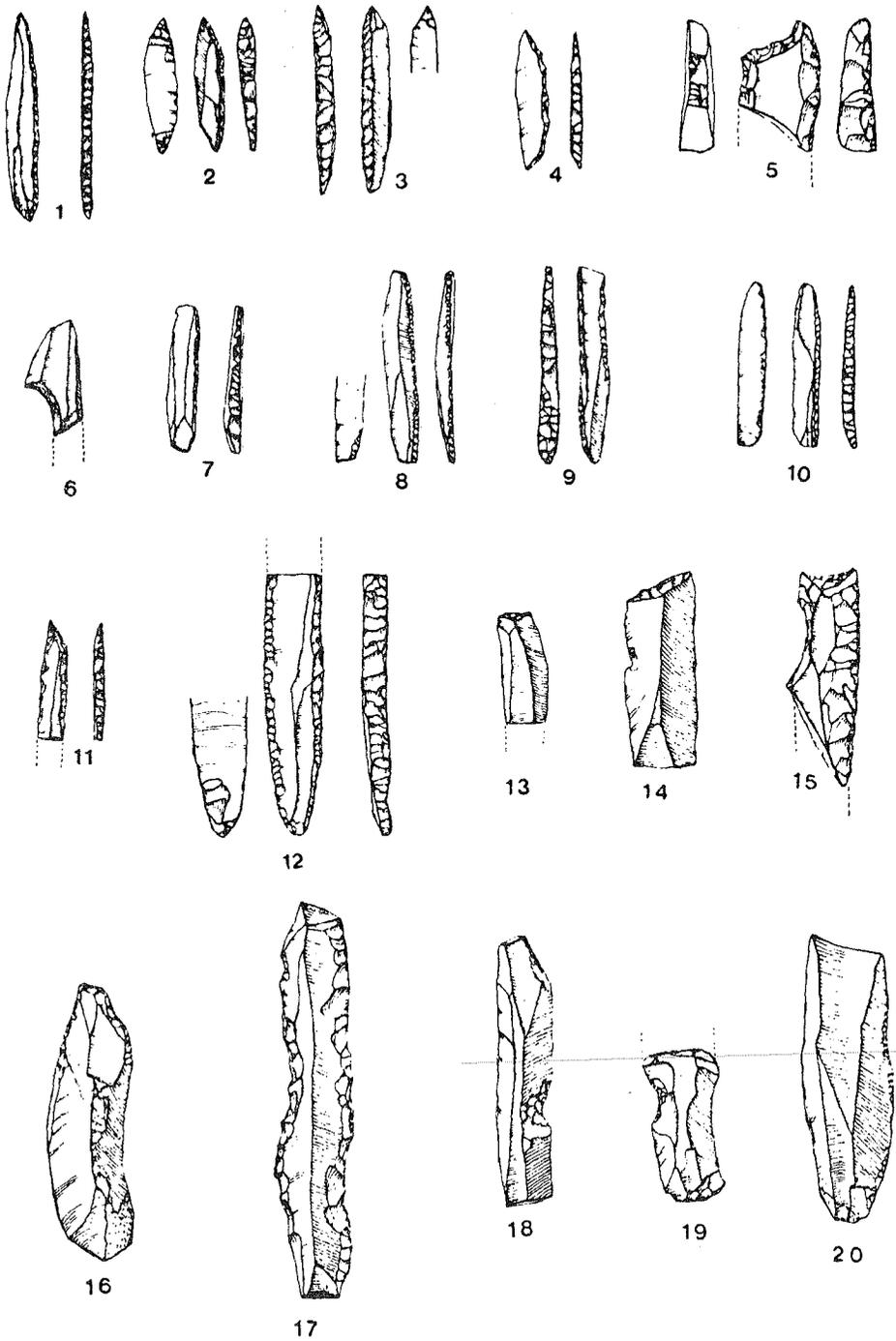


Fig. 4 - Industria litica del taglio 5 del giacimento Epigravettiano di Palidoro (Roma).

fatto che i loro valori massimi sono rispettivamente 1 e 0.82.

La correlazione significativa, come si puo' vedere facilmente dai valori parziali del  $\chi^2$  nella tabella c) della fig. 3 e' data dall'assottigliamento inverso preferenziale all'estremita' distale delle Microgravettes distali e all'estremita' prossimale per quelle prossimali.

In fig. 5 presentiamo invece un esempio di sostanziale assenza di correlazione: si tratta di stabilire su di un campione piuttosto cospicuo (1474) di nuclei del Paleolitico superiore della grotta Polesini, presso Tivoli (Radmilli, 1974), conservati presso il museo Pigorini a Roma, se vi e' correlazione tra la laminarita' dei distacchi, considerata in cinque classi (da nulla, e cioe' senza tracce di distacco di lamelle, fino a totale, e cioe' dove tutte le tracce di distacchi sono lamellari) e i tipi di nuclei prismatici: a uno o a due piani di percussione. La figura mostra l'uscita di elaboratore elettronico del gia' citato programma CNTG (Bietti e Zanella, 1975), e, come si vede, la probabilita' che la distribuzione osservata sia spiegata da quella "random" e' singolarmente alta: 32.4%. Inoltre il coefficiente di Cramer ( $V$  nell'eq. (2)) e' anche molto basso (0.056). Non c'e' quindi traccia di correlazione preferenziale tra il grado di laminarita' dei distacchi e i due tipi di nuclei considerati.

IL PRIMO INDICE RAPPRESENTA IL TIPO DI NUCLEO = A 1 PIANO  
E A 2 PIANI OPPOSTI. 2L SECONDO INDICE RAPPRESENTA LA LAMINARITA'  
DEI DISTACCHI A PARTRE DA LAMINARITA' NULLA.

NTOT=	NO. OF INDEXES		OBS.	EXP.	PART. CHI-SQUARE
	1	2			
1474					
	INDEXES				
	1 1		32.000	28,229	.50+00
	1 2		283.000	287,493	.70-01
	1 3		395.000	401,153	.94-01
	1 4		361.000	357,324	.38-01
	1 5		24.000	20,801	.49+00
	2 1		6.000	9,771	.15+01
	2 2		104.000	99,507	.20+00
	2 3		145.000	138,847	.27+00
	2 4		120.000	123,676	.11+00
	2 5		4.000	7,199	.14+01
CHI SQUARE=	.466+01				
N.D.F.	4	PROB.	.324+00		
		CRAMER COEFF.=	.056		

Fig. 5 - Tabelle di contingenza per i nuclei prismatici del giacimento Epigravettiano di grotta Polesini (Tivoli, Roma).

Questo risultato sui nuclei di grotta Polesini, fa parte di una tesi di laurea in Paleontologia, in corso presso l'Universita' di Roma (S. Antonelli).

L'uso delle tabelle di contingenza e del  $\chi^2$  è limitato a correlazioni tra attributi *nominali*, come si è già detto all'inizio. Si potrebbe pensare di applicarlo anche ad attributi metrici, dividendoli in opportune classi di grandezza. È chiaro però che ogni suddivisione di questo tipo è largamente arbitraria, come è stato fatto recentemente notare anche da J.E.Doran e F.R.Hodson (1975).

In ogni caso, l'analisi di attributi *completa*, per la definizione di un tipo litico, ceramico, ecc., richiede la correlazione combinata di attributi metrici e nominali, che si può effettuare con tecniche di calcolo più raffinate, come varie tecniche di "cluster analysis", di cui avremo occasione di parlare più oltre, al livello di comparazione tra insiemi archeologici.

A livello tipologico, possiamo citare come esempio, lo studio delle fibule dell'età del ferro di Münsingen in Germania, eseguito con varie tecniche di "cluster analysis" (Doran e Hodson, 1975), o lo studio della tipologia di ceramiche paleoindiane (Owasco) dello stato di New York, mediante metodi di classificazione "monotetica", e che tengono cioè espressamente conto della gerarchia preferenziale di certi attributi (Whallon, 1972).

\* \* \*

Passiamo ora al livello successivo di analisi, e cioè quello dei confronti tra insiemi archeologici: complessi industriali del Paleolitico (giacimenti diversi, strati diversi dello stesso giacimento, ecc.) o di epoche successive, necropoli preistoriche e protostoriche, ecc.

Tradizionalmente, il confronto viene eseguito a partire dal contenuto industriale, faunistico, paleobotanico, ecc. di ogni complesso. In particolare, per quanto riguarda le industrie, che costituiscono l'elemento di confronto più usato per complessi del Paleolitico, ad esempio, il dato di partenza è una lista di tipi ben definiti, eventualmente con le tecniche esposte nel paragrafo precedente.

Il metodo di confronto più comune è quello di costruire *diagrammi cumulativi* per ogni giacimento, o *diagrammi a blocchi*, o *poligoni di frequenza*, a partire dalle percentuali dei vari tipi precedentemente definiti, che costituiscono appunto una *lista* di tipi. L'uso delle percentuali è intuitivamente ovvio, perché serve a "normalizzare" i dati, e cioè per poter confrontare anche insiemi con un numero differente di re-

perti effettivi.

Il diagramma cumulativo, introdotto dalla scuola di Bordes (Bordes, 1953), è costruito aggiungendo alla percentuale di un tipo quella del tipo successivo nella lista: è un po' come l'ogiva della statistica elementare: si parte così da un valore della percentuale che corrisponde a quello del primo tipo della lista, per arrivare al 100% con l'ultimo tipo.

In fig. 6, in alto, sono rappresentati, per esempio, i diagrammi cumulativi, basati su di una lista di 92 tipi, di due giacimenti dell'Aurignaziano Francese: Lartet (linea piena) e Poisson (linea tratteggiata) (Sonneville-Bordes e Perrot, 1953). Nella stessa figura (in basso) le stesse percentuali sono in-

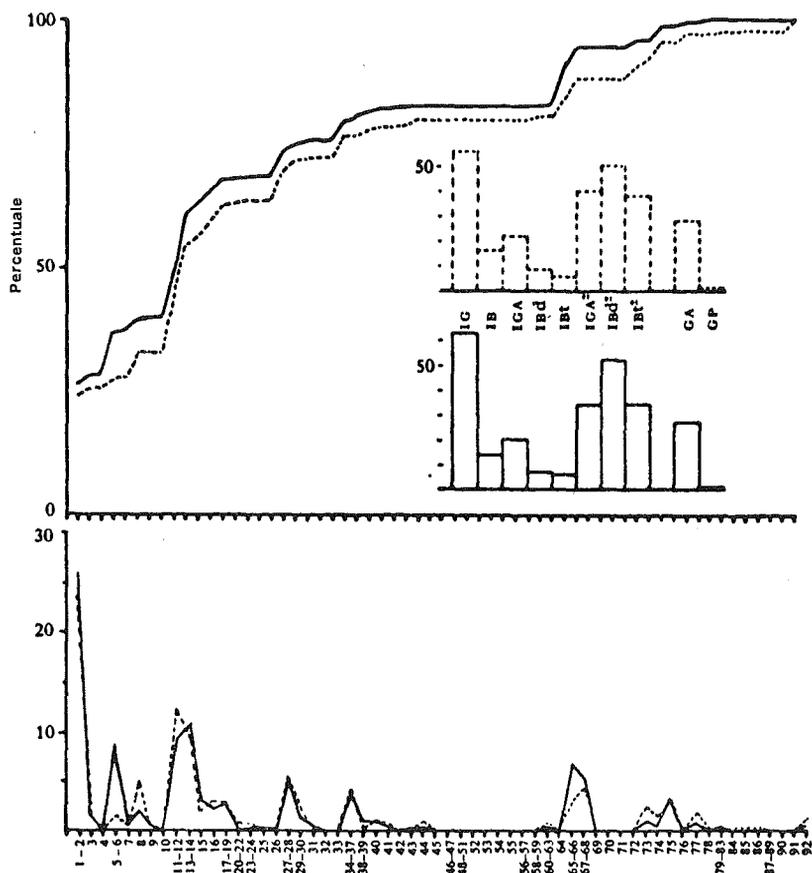


Fig. 6 - Diagrammi cumulativi, diagrammi a blocchi e poligoni di frequenza per i giacimenti Aurignaziani di Lartet e Poisson (Dordogna) (da Sonneville-Bordes e Perrot, 1953).

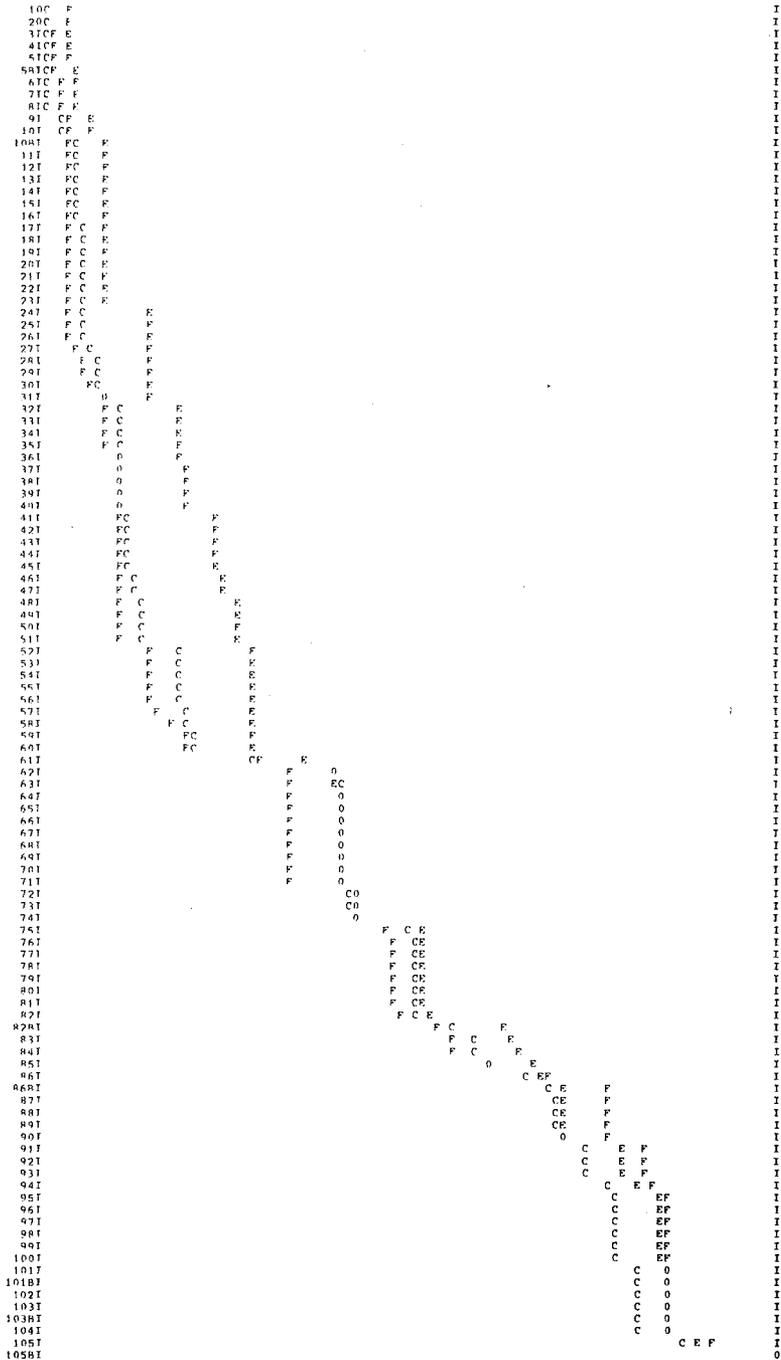


Fig. 7 - Diagrammi cumulativi di tre livelli del giacimento di Taurisano (Lecce).

vece visualizzate mediante poligoni di frequenze, mentre i diagrammi a blocchi (l'analogo degli istogrammi delle variabili continue in statistica elementare) nella parte superiore della figura sono costruiti a partire da gruppi dei 92 tipi della lista: grattatoi, bulini diedri, bulini su troncatura, ecc.

Per quanto riguarda i diagrammi a blocchi, è bene ricordare che è il metodo di rappresentazione grafica più comunemente usato da parte degli studiosi del Paleolitico Italiano, ed in particolare quelli che seguono il metodo tipologico di G. Laplace (1964).

A questo livello "zero" di matematizzazione, la rappresentazione grafica mediante il calcolatore elettronico fa risparmiare tempo, e non presenta nessuna difficoltà: in fig. 7 vediamo ad esempio i diagrammi cumulativi di tre livelli del già citato giacimento Epigravettiano di Taurisano (Lecce) (Bietti, 1977), eseguiti mediante l'elaboratore UNIVAC dell'Università di Roma. In fig. 8 diamo un esempio dell'industria litica del giacimento.

Ad un livello appena un po' più elaborato ci si può porre il problema della significanza statistica nel confronto tra gli insiemi industriali di due giacimenti. L'idea più semplice è quella di considerare, per il numero di oggetti rappresentativi di ogni singolo tipo della lista l'"errore" dato dalla distribuzione di Poisson ( $\sqrt{n}$ ) e calcolare successivamente questo "errore" sulla percentuale del tipo mediante la formula di propagazione degli errori. Per i diagrammi cumulativi, la rappresentazione degli errori è praticamente impossibile, ma per i diagrammi a blocchi non presenta nessuna difficoltà.

In fig. 9 sono mostrati i diagrammi a blocchi per percentuali di gruppi di strumenti (in ascisse: grattatoi, composti, punteruoli e becchi, bulini, dorsi grandi, troncature, lame ritoccate, denticolati, intaccature e raschiatoi (P.V.), geometrici, microliti, punte e strumenti diversi) per diversi tagli del giacimento Epigravettiano di Taurisano (Lecce) (Bietti, 1977). Vi sono tre tagli per ogni grafico e i rettangolini tratteggiati rappresentano le percentuali  $\pm$  una deviazione standard (calcolata come si è già detto) per i tagli più ricchi di strumenti (e quindi con migliore consistenza statistica). La figura mostra una sostanziale omogeneità tra i tagli 1-3, 4-5 e 6, e tra i tagli 7-9, 13-17 e 18-23, entro i limiti degli errori statistici. Deviazioni più grandi si hanno invece tra i tagli 4-5, 10-12 e 18-23, in particolare per le lame ritoccate ed i microliti.

Queste deviazioni scompaiono sostanzialmente, però, nell'ambito di due deviazioni standard per le percentuali di ogni gruppo di tagli. Si può giustamente osservare che l'applicazio-

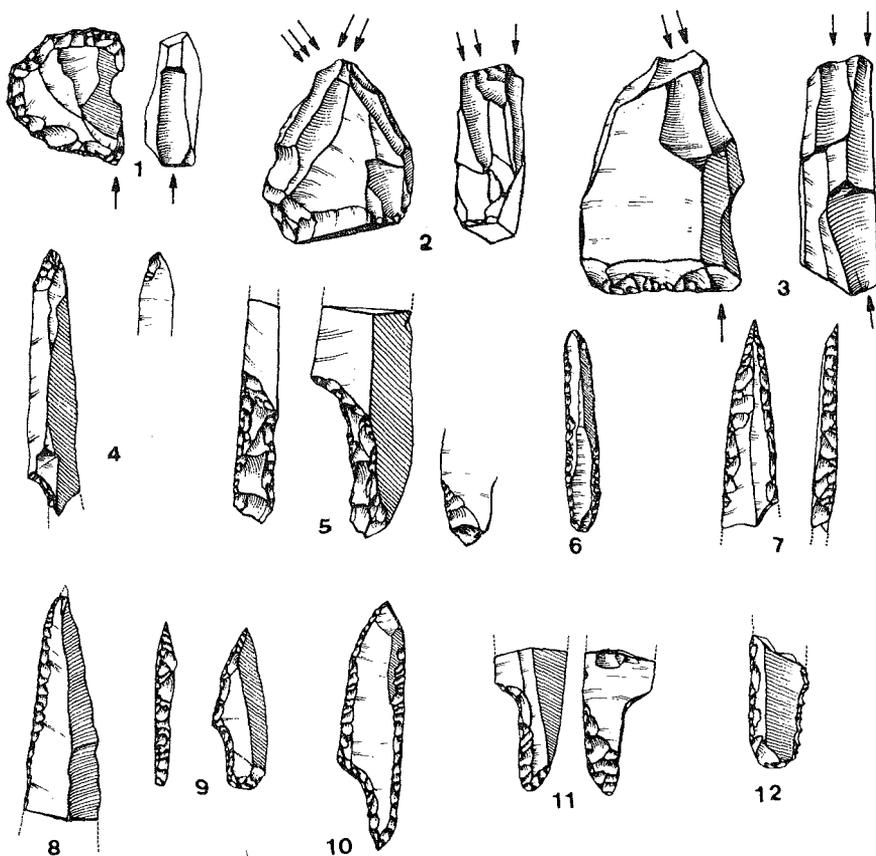


Fig. 8 - Industria litica dei tagli 7-8-9 del giacimento Epigravettiano di Taurisano (Lecce).

ne di distribuzioni statistiche teoriche, come quella di Poisson, che presuppone campioni *effettivamente* rappresentativi di popolazioni, ad insiemi archeologici, che sono generalmente ben lontani dal soddisfare a queste condizioni, non ha molto senso. Resta però il fatto che solo sulla base di differenze percentuali, e' procedura comune da parte degli studiosi tradizionali, riconoscere *differenze culturali* sostanziali tra insiemi industriali, indipendentemente da qualsiasi considerazione di "buon senso" sulle deviazioni "sistematiche" insite nei dati: giacimenti mal scavati o scavati solo in parte, strati o depositi considerati come rappresentativi, anche in assenza di correlazioni più generalmente ecologico-ambientali, della *totalità* della cultura del gruppo in esame, ecc.

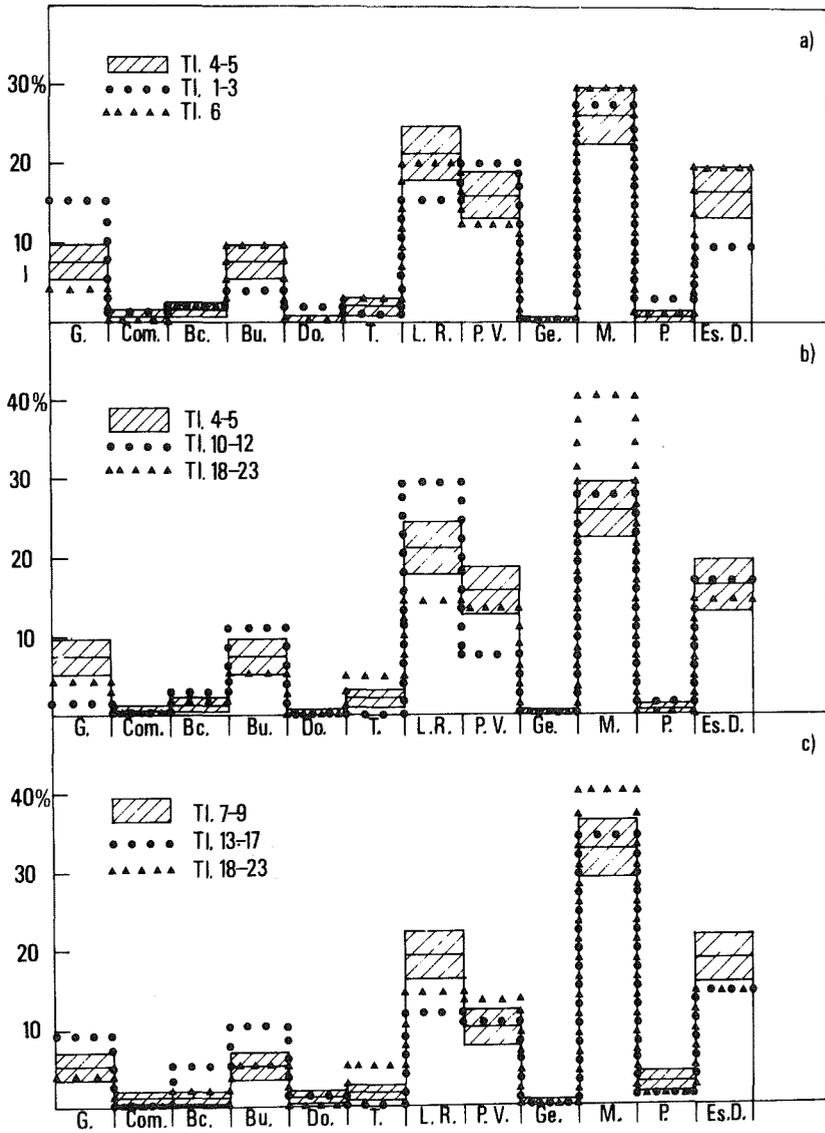


Fig. 9 - Diagrammi a blocchi per tre diversi gruppi di tagli del giacimento di Taurisano (Lecce).

E' chiaro pertanto che in questa situazione il confronto tra insiemi archeologici, tenendo conto delle deviazioni standard date da distribuzioni teoriche, ha almeno il valore di confermare, o quanto meno di non smentire, l'ipotesi di zero

("null hypothesis"), e che cioè non si può affermare che due insiemi archeologici sono diversi, se le percentuali dei tipi che le compongono coincidono entro due deviazioni standard.

In fig. 10, ad esempio, si possono vedere i rapporti tra bulini e grattatoi (fig. 10 a) e tra bulini diedri e bulini su troncatura (fig. 10 b) per sette gruppi di tagli (in ascisse) sempre del giacimento di Taurisano, rappresentati  $\pm 1$  deviazione standard, calcolata tramite la formula di propagazione degli errori e la solita distribuzione di Poisson. Come si vede, la variabilità è piuttosto larga, e non vi è pertanto nes-

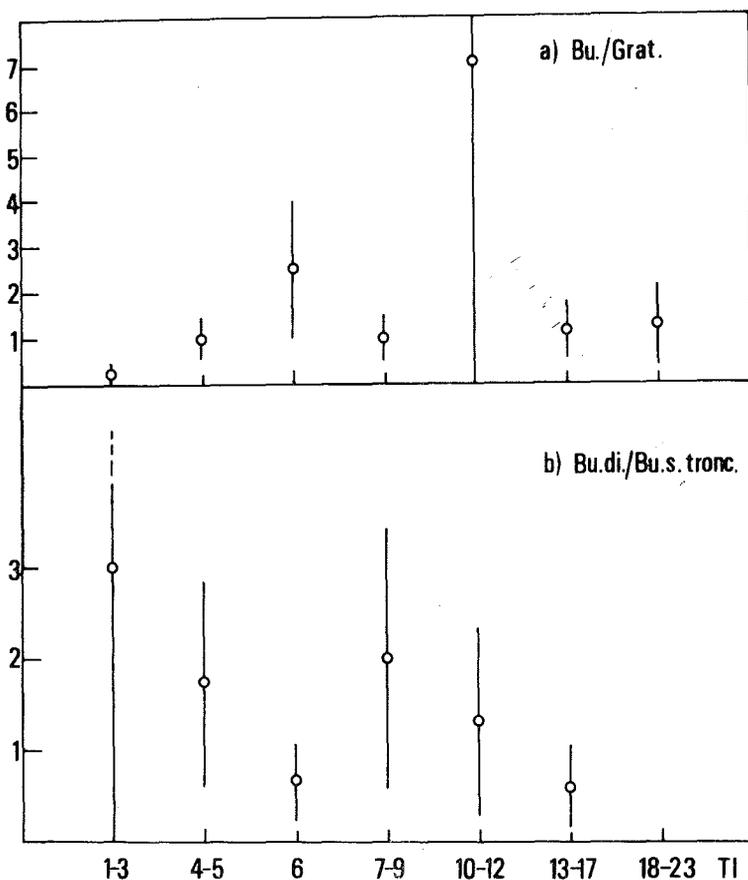


Fig. 10 - a) rapporto tra i bulini ed i grattatoi, b) rapporto tra i bulini diedri ed i bulini su troncatura per sette gruppi di tagli del giacimento di Taurisano (Lecce).

suna indicazione di deviazione dell'ipotesi di zero, e cioè della sostanziale omogeneità dei rapporti considerati nei vari gruppi di tagli.

Invece di considerare le percentuali di tipi per ogni giacimento, si possono considerare i loro numeri effettivi e poi paragonarli tramite il metodo delle tabelle di contingenza, descritto nel paragrafo precedente. In questo caso le righe, per esempio, della tabella sono date dai vari strati o giacimenti e le colonne dai vari tipi considerati. Questo metodo è stato usato ad esempio da G. Laplace (1974), e non differisce molto dal precedente, basato sulle percentuali e le deviazioni standard, dato che l'interpretazione probabilistica con il metodo del  $\chi^2$  per le tabelle di contingenza è sempre basato su distribuzioni teoriche del tipo Poisson.

Tutti questi metodi sono utili, in ogni caso, solo se il numero di giacimenti da confrontare è piuttosto limitato, dell'ordine di 4 o 5. In queste condizioni è facile identificare i giacimenti (o strati) che sono più simili tra di loro. Se il numero di entità archeologiche da confrontare cresce, questi sistemi vanno in crisi, perché si deve tenere conto contemporaneamente della variabilità di troppi parametri in troppi insiemi.

Questo può anche spiegare per quali ragioni i confronti tra insiemi archeologici, nonostante abbiano come punto di partenza le percentuali dei vari tipi, considerati quindi quantitativamente sullo stesso piano, tradizionalmente finiscano spesso per fare ricorso solo a particolari tipi, considerati "diagnostici" o "fossili direttori" delle culture.

Per il Paleolitico, gli esempi a questo proposito sono svariati, e per quanto riguarda la preistoria più recente, un esempio classico è l'uso di tabelle di associazione, di particolari tipi ceramici o metallici, al fine di stabilire, ad esempio, sequenze cronologiche.

In realtà è possibile tenere conto contemporaneamente su base "politetica" della interdipendenza di tante variabili, per un grande numero di entità da correlare, e le prime applicazioni in questo senso (v. per es. Clarke, 1968), derivano direttamente da metodi di analisi *multivariate*, già da tempo impiegate nelle scienze biologiche, come per esempio la *Tassonomia Numerica* (Sokal e Sneath, 1963).

Si tratta in sostanza di riconoscere raggruppamenti significativi ("clusters", come vengono comunemente chiamati) tra entità archeologiche (al solito giacimenti, strati, necropoli, ecc.), a partire dal loro contenuto di *caratteri* o *attributi* (corredi di una tomba, tipi litici o ceramici di un giacimento, ecc.). Vi sono diverse tecniche matematiche che si possono im-

piegare, ma il punto di partenza comune è costituito dal calcolo di *coefficienti di similarità* tra le entità archeologiche che si vogliono correlare. Ne elencheremo qui alcuni, tra quelli più usati nelle analisi correnti.

Uno dei più semplici è certamente il "simple matching coefficient", o coefficiente di Sokal e Michener, molto utile nel caso di confronto tra tombe, e che si basa sul conteggio di presenze ed assenze contemporanee di oggetti di corredo nelle tombe. Prese in considerazione la tomba  $i$ -esima e la tomba  $j$ -esima, indicando con  $N_{++}$  il numero di oggetti di corredo contemporaneamente presenti nelle due tombe, con  $N_{--}$  il numero di quelli contemporaneamente assenti, con  $N_{+-}$  e con  $N_{-+}$  il numero di quelli presenti nella prima ed assenti nella seconda e viceversa, si definisce il coefficiente di Sokal e Michener per le tombe  $i$  e  $j$  semplicemente come

$$S_{sm}(i, j) = \frac{N_{++} + N_{--}}{N_{++} + N_{--} + N_{+-} + N_{-+}} \quad (3)$$

Questo coefficiente varia tra 0 (tombe totalmente differenti) e 1 (tombe perfettamente eguali).

Un analogo coefficiente, sempre basato sulle presenze ed assenze di caratteri è quello di Jaccard, che differisce da quello di Sokal e Michener perché non tiene conto del numero di oggetti che sono contemporaneamente assenti, e cioè manca  $N_{--}$  sia al numeratore che al denominatore dell'equazione (3).

È chiaro che la scelta tra questi due coefficienti dipende dal tipo di problema che si ha davanti: in un contesto archeologico le assenze di certi oggetti possono essere significative, mentre in un altro possono costituire semplicemente delle variabili ridondanti, ed è pertanto l'archeologo stesso che deve scegliere il tipo di coefficiente che considera più opportuno.

Un altro coefficiente di uso molto comune è quello di correlazione lineare, già introdotto nell'eq. (1): considerati due elementi da correlare,  $i$  e  $j$ , composti ognuno di  $n$  caratteri di valore  $x_k^{(i)}$  e  $x_k^{(j)}$  rispettivamente ( $k = 1, \dots, n$ ), con me-

die date pertanto da  $\bar{x}^{(i)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^{(i)}$  e  $\bar{x}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^{(j)}$ , il

coefficiente (che varia tra -1 e +1) sarà dato da

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\bar{x}^{(i)} - x_k^{(i)}) (\bar{x}^{(j)} - x_k^{(j)})}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (\bar{x}^{(i)} - x_k^{(i)})^2 \sum_{k=1}^n (\bar{x}^{(j)} - x_k^{(j)})^2}} \quad (4)$$

Un altro coefficiente che si può usare è quello di distanza (in questo caso tanto più è piccolo il coefficiente tanto più sono simili le entità da correlare), definito come

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k^{(i)} - x_k^{(j)})^2}$$

Una modificazione di questo coefficiente è particolarmente utile per confrontare complessi di industrie, ad esempio del Paleolitico, che, come abbiamo visto, sono solitamente espressi in termini in percentuali di strumenti. Se abbiamo due giacimenti  $i$  e  $j$  con percentuali per lo strumento  $k$ -esimo ( $k = 1, \dots, n$ , dove  $n$  è il totale di tipi considerati),  $p_k^{(i)}$  e  $p_k^{(j)}$ , il coefficiente

$$p_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (p_k^{(i)} - p_k^{(j)})^2} \quad (5)$$

varia tra 0 ed 1 (giacimenti con percentuali perfettamente identiche).

Si potrebbero enumerare molti altri tipi di coefficienti di similarità, ma è meglio ora cercare di spiegare, in modo sommario, i procedimenti più comuni di "cluster analysis", una volta calcolati i coefficienti di similarità tra le entità archeologiche a due a due. Se il numero di queste entità è  $N$ , si ottengono  $N(N-1)/2$  coefficienti di similarità, che costituiscono una matrice. Un esempio è dato in tabella 4 per sei elementi, con coefficienti di similarità che variano tra 0 e 1.

TABELLA 4

	1	2	3	4	5	6
1	1	0.3	0.5	0.9	0.6	0.7
2	0.3	1	0.2	0.5	0.9	0.2
3	0.5	0.2	1	0.1	0.1	0.8
4	0.9	0.5	0.1	1	0.8	0.6
5	0.6	0.9	0.1	0.8	1	0.5
6	0.7	0.2	0.8	0.6	0.5	1

TABELLA 5

	2	5	4	1	6	3
2	1	0.9	0.5	0.3	0.2	0.2
5	0.9	1	0.8	0.6	0.5	0.1
4	0.5	0.8	1	0.9	0.6	0.1
1	0.3	0.6	0.9	1	0.7	0.5
6	0.2	0.5	0.6	0.7	1	0.8
3	0.2	0.1	0.1	0.5	0.8	1

Come si vede, la matrice ha tutti 1 sulla "diagonale principale" (coefficienti di similarità di un elemento con se stesso), ed è *simmetrica*, e cioè i numeri a destra della diagonale principale sono uguali a quelli a sinistra, dato che il coefficiente di similarità tra  $i$  e  $j$  è ovviamente uguale a quello tra  $j$  ed  $i$ .

Il problema è ora quello di raggruppare tra di loro gli elementi con coefficiente di similarità più alto, isolando così dei "clusters".

Uno dei metodi tradizionalmente impiegati è quello del riordinamento della matrice, molto in uso per i problemi di seriazione cronologica, e cioè quando si vogliono raggruppare le entità archeologiche (tombe di una necropoli, ad esempio), in modo da costituire sequenze cronologiche. Questo metodo è stato probabilmente introdotto per la prima volta da G.W. Brainerd (1951) e W.S. Robinson (1951).

Si tratta sostanzialmente di cambiare l'ordine delle righe e delle colonne della matrice in modo da portare i coefficienti di similarità più alti il più vicini possibile alla diagonale principale.

La tabella 5 mostra appunto la matrice della tabella 4 riordinata ("sorted") in modo da soddisfare a questo requisito, e si vede subito che vi sono tre "clusters": (2, 5), (1, 4) e (6, 3) ad un livello più basso di correlazione.

Con questo metodo è però difficile visualizzare bene le interconnessioni successive tra i "clusters" che sono stati identificati al più alto livello di correlazione. Quest'operazione diventa tanto più complicata quanto più alto è il numero  $N$  di entità da correlare, nel qual caso anche il riordinamento della matrice di partenza è piuttosto laborioso, dato il gran numero di righe e di colonne della matrice di similarità (l'esempio mostrato nelle tabelle 4 e 5 è ovviamente molto semplice).

Più rapido, e soprattutto più chiaro anche visivamente, fino ai più bassi livelli di correlazione è il metodo dei *dendogrammi*, largamente usato da vari autori per problemi di tassonomia (per una illustrazione dettagliata v. ad es. Sokal e Sneath, 1963).

Qui accennerò solo ad uno dei metodi più semplici per costruirli, e cioè il "weighted pair group method" con l'"average linkage". Si isolano innanzitutto i gruppi di due elementi che hanno coefficiente mutuo di similarità più alto (nell'esempio della tabella 4 (2, 5), (4, 1) e (6, 3)). Si calcolano poi nuovi coefficienti di similarità, per gli elementi rimasti scorrelati come media dei vecchi coefficienti: se il "cluster"  $A$  è formato da due elementi  $i$  e  $j$  con i quali l'elemento  $k$  a

veva coefficienti di similarità rispettivamente  $c_{ik}$  e  $c_{jk}$ , il nuovo coefficiente sarà  $c_{Ak} = (c_{ik} + c_{jk})/2$ . Nel caso di due "clusters" A e B, formati dagli elementi i e j ed l ed m rispettivamente, avremo per il nuovo coefficiente di similarità  $C_{AB} = (c_{il} + c_{im} + c_{jl} + c_{jm})/4$ .

Nell'esempio della tabella 4, dove non ci sono elementi singoli scorrelati (i primi "clusters" sono 3 e gli elementi di partenza 6), avremo tre nuovi coefficienti tra i tre "clusters" isolati al primo ciclo: quello tra (2,5) e (1,4) che vale 0.55, quello tra (1,4) e (6,3) che vale 0.47 e quello tra (2,5) e (6,3) che vale 0.25. Ripetendo il procedimento di partenza si isola un solo "cluster" con coefficiente di similarità mutuo più alto, e cioè ((2,5) - (1,4)), rispetto al quale l'elemento residuo (6,3) ha un coefficiente di similarità nuovo (che è l'ultimo) che vale 0.36.

Si ottiene così un diagramma ad albero (*dendrogramma*), che è rappresentato in fig. 11. Il processo che è stato ora descritto diventa naturalmente piuttosto lungo se il numero delle entità da correlare N diventa grande, e pertanto ci si deve servire dell'aiuto di un calcolatore elettronico.

Già diversi di questi programmi sono in circolazione da tempo, e recentemente ne abbiamo realizzato uno (DENDR, Bietti et al., 1978) che costruisce e disegna materialmente dendrogrammi fino ad un massimo di 100 elementi da correlare (per un numero più grande di elementi il tempo macchina e l'occupazione di memoria diventano troppo grandi, per un calcolatore di media capacità), nel quadro delle attività del gruppo di ricerche interdisciplinari di metodi matematici applicati all'Archeologia e alla Paleontologia della Facoltà di Scienze dell'Università di Roma.

Mediante questo programma voglio qui illustrare brevemente alcuni esempi di applicazione concreta ad alcuni problemi archeologici.

Il primo esempio riguarda un'analisi globale dei giacimenti Mesolitici Italiani, e cioè di quei giacimenti che, grosso modo, sono cronologicamente compresi tra la fine del Dryas III ed il Boreale, circa dal IX al VI millennio A.C. (Bietti, 1978).

Si è costruito innanzitutto un dendrogramma basato sulle sole industrie dei giacimenti, usando il coefficiente di distanza percentuale definito dall'eq. (5), ed il risultato è mostrato in fig. 12. Come si vede, non c'è una chiara indicazione di "clustering" tra giacimenti geograficamente vicini. Grotta Azzurra (15) e grotta della Tartaruga (14), che si trovano nel Carso Triestino, sono correlate con grotta della Madonna a Praia, in Calabria, (31), e poi con grotta Erica (30) a Positano, in Campania, Arma di Nasino (19), in Liguria, e le grotte

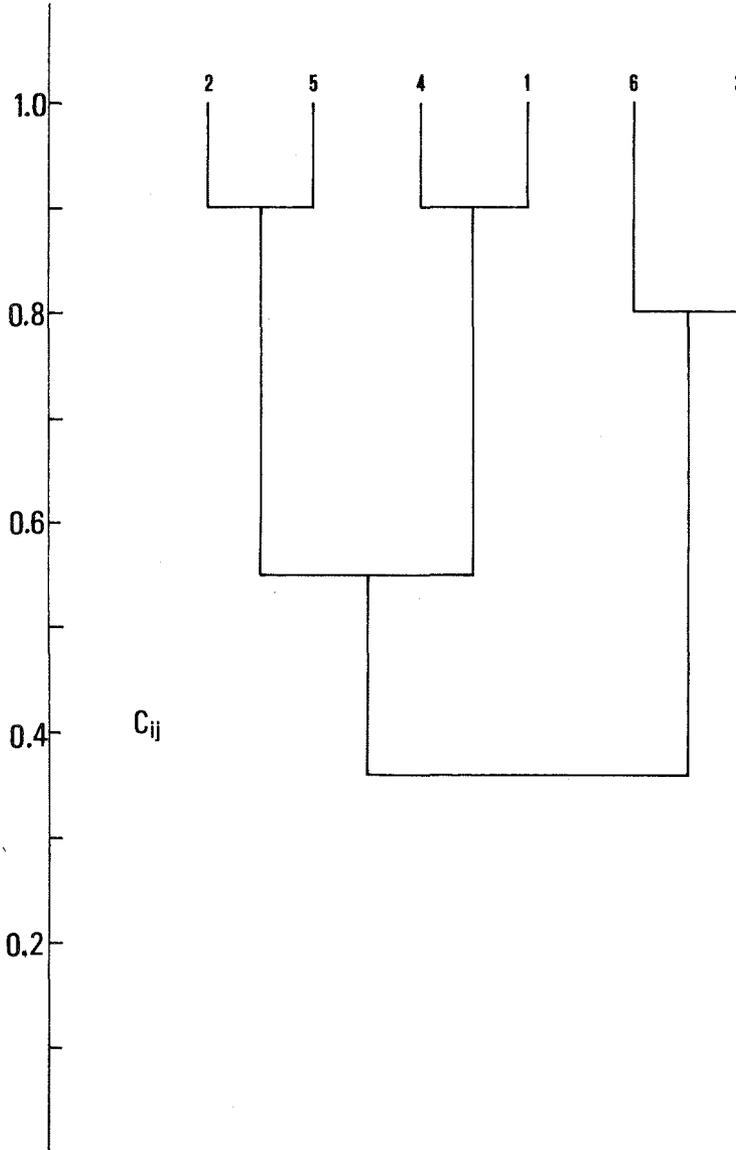


Fig. 11 - Dendrogramma ottenuto dai dati in tabella 4 (o tabella 5).

1. Valle 10-7
2. Romagnano III AC1
3. " " ABC
4. " " AB2-1
5. " " AA
6. Colbricon 1
7. Colbricon 8
8. Fienile Rossino
9. Provaglio
10. Benussi 6-5
11. " 4
12. " 3
13. Gr. Azzurra
14. Gr. Tartaruga
15. Arene Candide CIII
16. " " CII
17. " " CI
18. Arma Stefanin V-IV
19. Arma Nasino 13-11
20. Comunella
21. Lama Lite
22. Sammartina
23. Staz. Ortucchio I'
24. Gr. La Funta 27-21
25. Gr. Maritza IV-III
26. Capo d'Acqua
27. Ripoli 4
28. Peschio Ranaro
29. Rip. Blanc
30. Gr. Erika
31. Praia I 52-47
32. Praia I 46-44
33. Torre Testa
34. Gr. delle Mura C
35. Gr. Cavallo B2a
36. " " B1
37. Cipolliano 1
38. Gr. Corruygl
39. Levanzo
40. S. Basilio III

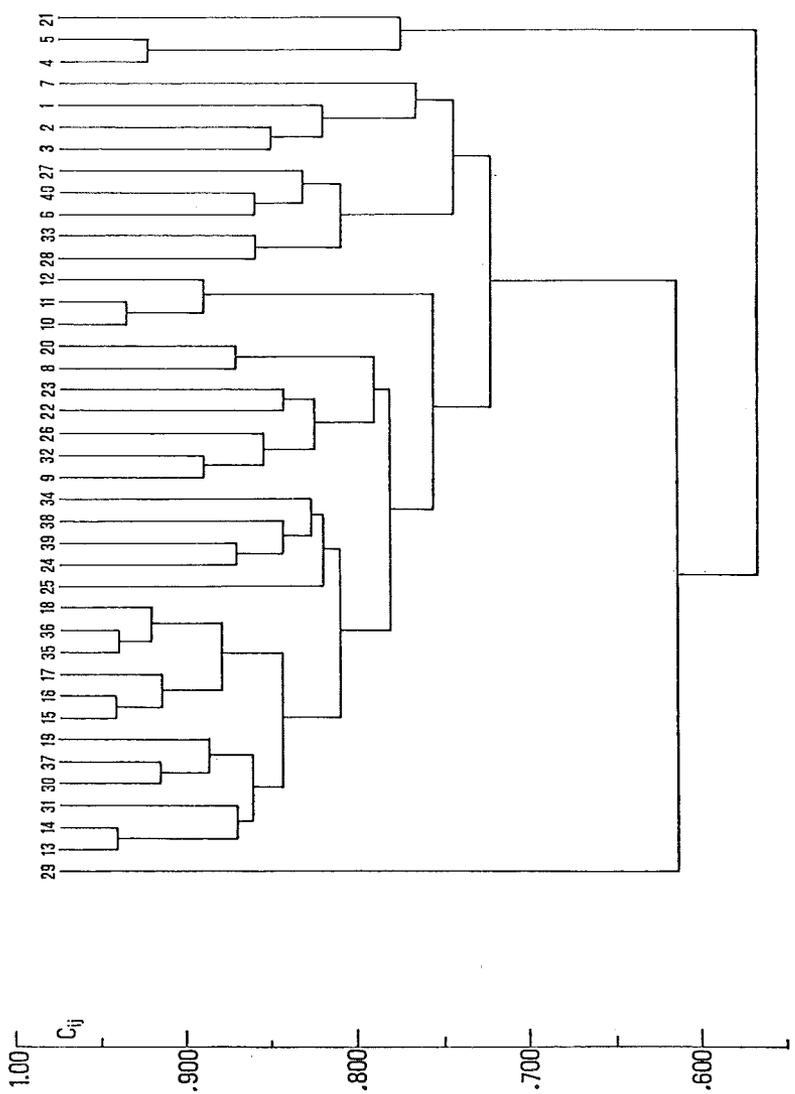


Fig. 12 - Dendrogramma di tipo Q per le industrie dei giacimenti Mesolitici Italiani, calcolato con le distanze percentuali.

te Cipolliane 1 (37), nel Salento, ma non sono per niente correlate con il vicino sito di Grotta Benussi (10, 11, 12). Gli strati inferiori (10,11) di quest'ultimo giacimento, definiti "Sauveterroidi" (Broglia, 1971) non sono affatto correlati con il gruppo "Sauveterroide" della valle dell'Adige, formato da Romagnano III (2,3) e da Vatte di Zambana (1). Lo strato superiore (12) di grotta Benussi, definita "Tardenoide" (Broglia, 1971) non è per niente correlato con il complesso "tardenoide" degli strati superiori di Romagnano III (4,5), che forma invece un gruppo totalmente a sé, insieme con il giacimento di alta montagna di Lama Lite nell'appennino Tosco-emiliano.

Si è pertanto cercato di stabilire delle correlazioni tra i giacimenti anche da un punto di vista ecologico-ambientale: oltre all'industria si sono pertanto considerati come caratteri anche le faune dei giacimenti, divise in macromammiferi, micromammiferi, uccelli, pesci, molluschi d'acqua dolce, molluschi terrestri, marini di laguna salmastra e di scoglio; in più si sono considerati anche il tipo di sito (grotta, riparo, ecc.) e la sua posizione (costiera, interna, ecc.).

Impiegando questa volta il coefficiente di correlazione dato dall'eq. (4), si è ottenuto il dendrogramma in fig. 13, dove si possono osservare innanzitutto alcuni "clusters" (considerando tali quelli con  $r_{ij} \geq 0.4$ ) geografici, come quello della valle dell'Adige (1,5), quello del Carso triestino (6,7), quello del bacino del Fucino in Abruzzo (10,11), quello della costa pugliese (19,22), ed infine un "cluster" Siciliano (19, 22).

L'aspetto interessante degli altri "clusters" è che, eccettuato uno (9,20,21) che collega un giacimento in posizione interna della Liguria (Arma dello Stefanin) con due strati di un giacimento costiero del Salento (Grotta del Cavallo), tutti gli altri correlano giacimenti costieri (Arene candide (8) in Liguria con Praia L (17) in Calabria, ad esempio), o in posizione interna (Ripoli (13) in Abruzzo e S.Basilio (25) in Sicilia, ad esempio).

L'uso di un altro coefficiente di similarità (quello cosiddetto coseno dell'angolo) (fig. 14) lascia praticamente invariata la situazione, con la sola eccezione del riparo Blanc al Monte Circeo (15), che ora non è più correlato con il livello superiore di Praia (18) (che ora si aggiunge al "cluster" (8,17)), ma resta a basso coefficiente di similarità con tutti i "clusters", come già erano il giacimento di Peschio Ranaro (14), in provincia di Frosinone, il giacimento di Capo d'Acqua (12) in provincia dell'Aquila e Grotta Erica (16), sulla costa in provincia di Salerno.

Mentre i "clusters" geografici hanno una interpretazione



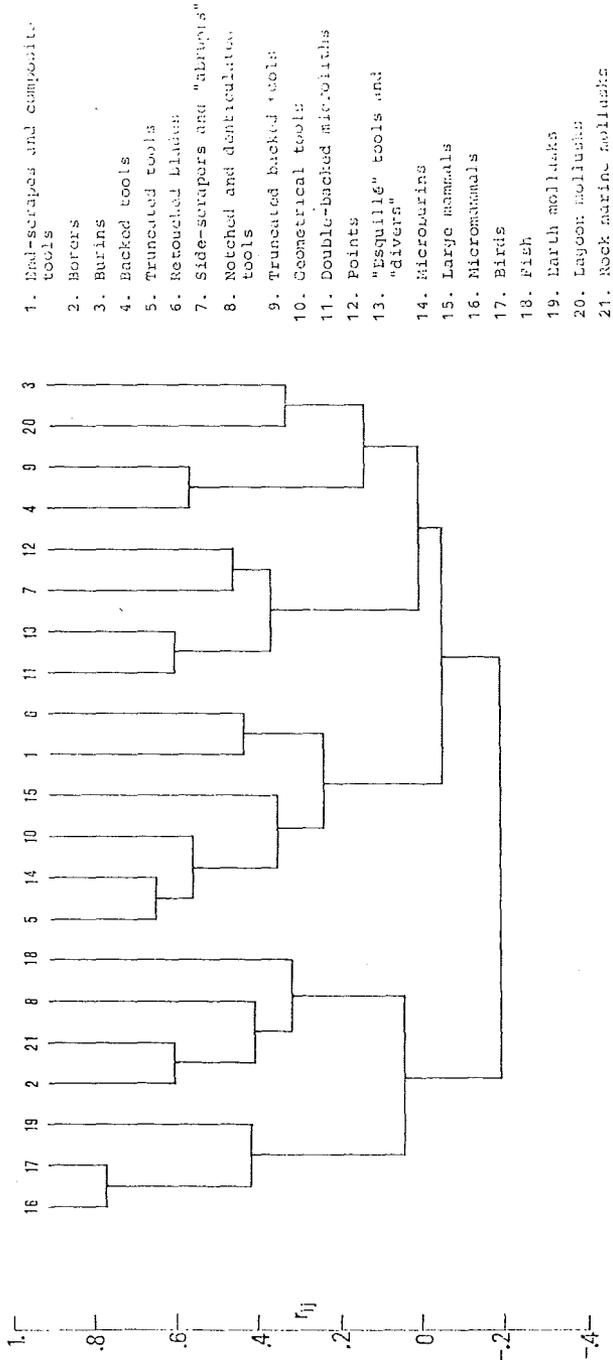


Fig. 15 - Dendrogramma di tipo R per i giacimenti costieri del Mesolitico italiano, ottenuto mediante il coefficiente di correlazione lineare.

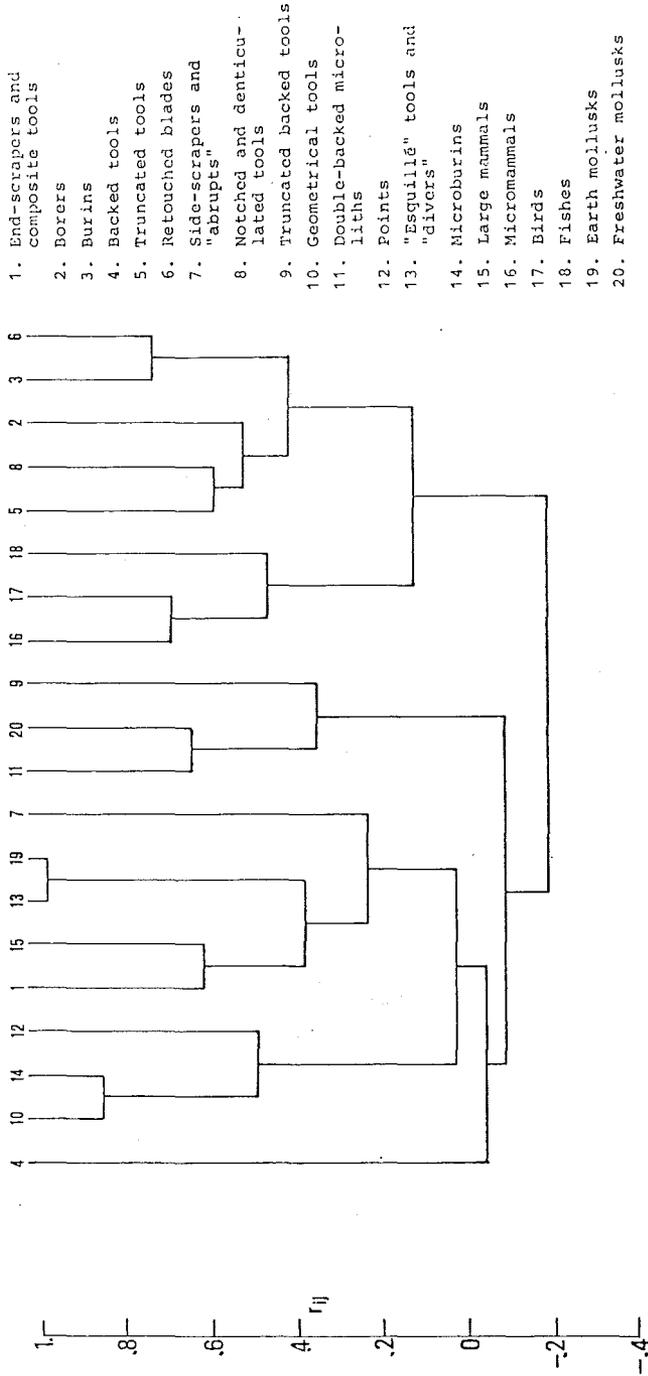


Fig. 16 - Dendrogramma di tipo R per i giacimenti in posizione interna del Mesolitico italiano, ottenuto mediante il coefficiente di correlazione lineare.

Come esempi successivi di applicazione di "cluster analysis", sempre eseguita con il programma DENDR, voglio invece mostrare il caso di complessi archeologici piú recenti, e cioè necropoli protostoriche e classiche, proprio allo scopo di mettere in evidenza le ampie possibilitá di questi metodi, per lo studio di complessi di queste epoche.

I risultati che presenteró sono sostanzialmente inediti, e debbo ringraziare le dr. A.M. Bietti-Sestieri, G. Bartoloni e A. Greco-Pontrandolfo per avermi fornito i dati. Naturalmente si tratta di risultati preliminari, e conclusioni piú ampie si potranno trovare nei lavori specializzati degli Autori.

Il primo esempio é uno studio delle tombe ad incinerazione della prima e seconda fase della cultura laziale (Ricerche in corso di A.M. Bietti-Sestieri. Alcuni risultati preliminari in Bietti-Sestieri e Bergonzi, 1977; Bietti-Sestieri, 1978). La fig. 17 dá il dendrogramma di tipo Q per 43 tombe ad incinerazione della I fase Laziale di varie localitá. Per ogni tomba sono stati considerati 36 attributi, a partire dalla presenza o assenza di dolio o dell'urna a capanna fino a tutti gli oggetti del corredo, elencati in fig. 18, che dá invece il dendrogramma di tipo R. Entrambi i dendrogrammi sono stati calcolati mediante la semplice presenza o assenza degli attributi, usando il coefficiente di Sokal e Michener, definito dall'eq. (3).

In fig. 17 vediamo che vi sono sostanzialmente tre grandi "clusters". Il primo a partire da sinistra é in realtá composto (a parte la tomba di Villa Cavalletti 7 (33), sostanzialmente isolata) da due "clusters": il primo considerato piuttosto antico (salvo Villa Cavalletti 1 (26)), formato da tombe sia maschili che femminili del Foro Romano (7, 10, 11, 12), Boschetto (5), Anzio (6) e Lavinio (3, 25) con oggetti miniaturizzati nei corredi; il secondo da tombe piú tarde cronologicamente, sempre miste come sesso, essenzialmente del Foro (27-32), Lavinio (20, 35), Villa Cavalletti 4 (34) e Osteria dell'Osa T56 (43), caratterizzate sostanzialmente dall'assenza di oggetti miniaturizzati.

Il secondo grande "cluster" é composto sostanzialmente da tombe dell'Osteria dell'Osa (v. per es. Tav. I a) (36-42), piú Lavinio 21, Villa Cavalletti 6, Foro Y e Palatino (1, 16, 24, 18). Si tratta, secondo l'Autore, di tombe maschili, piuttosto tarde cronologicamente, con l'eccezione di Lavinio 21 (1), che é piú antica, non a caso correlata con la R54 bis dell'Osteria dell'Osa (39), piuttosto singolare nell'insieme delle tombe di questa necropoli, ed entrambe correlate a coefficiente di similaritá piú basso con il resto del "cluster".

Il terzo grande "cluster" é piuttosto composito, e com-

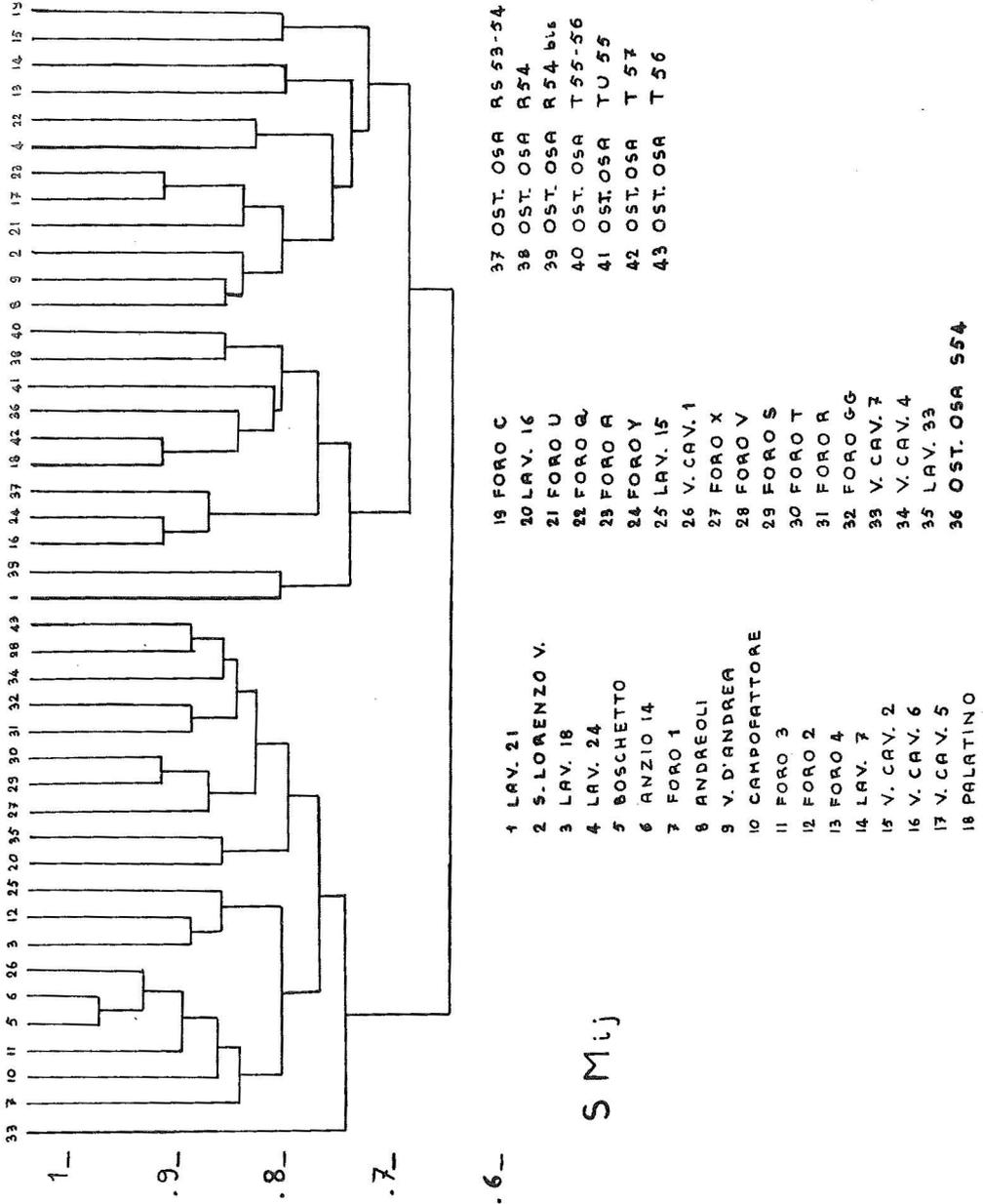


Fig. 17 - Dendrogramma di tipo Q per le tembe ad incinerazione della prima fase della cultura Laziale, ottenuto mediante il coefficiente di Sokal e Michener.

- 1 - dolio
- 2 - urna a cap.
- 3 - olle in coppia
- 4 - calefattoio
- 5 - askos
- 6 - vaso barchetta
- 7 - piattello trepp.
- 8 - tazza carenata m.
- 9 - tazza profonda m.
- 10 - scodella orlo rient. m.
- 11 - scodella biancata
- 12 - scodella troncoc.
- 13 - olletta orlo rientr.
- 14 - vaso a clessidra
- 15 - orciolo globulare
- 16 - orciolo biconico
- 17 - anfora m.
- 18 - anfora
- 19 - tazza carenata
- 20 - tazza profonda
- 21 - scodella orlo rientr.
- 22 - scodella villanov.
- 23 - boccale
- 24 - fuseruola
- 25 - statuetta
- 26 - vaso biancato m.
- 27 - vaso biancato
- 28 - lancia
- 29 - rasoio
- 30 - fib. arco serp.
- 31 - fib. arco gomito
- 32 - fib. arco semp.
- 33 - scudi
- 34 - coltello
- 35 - perline, ornamenti
- 36 - tazza bassa e larga

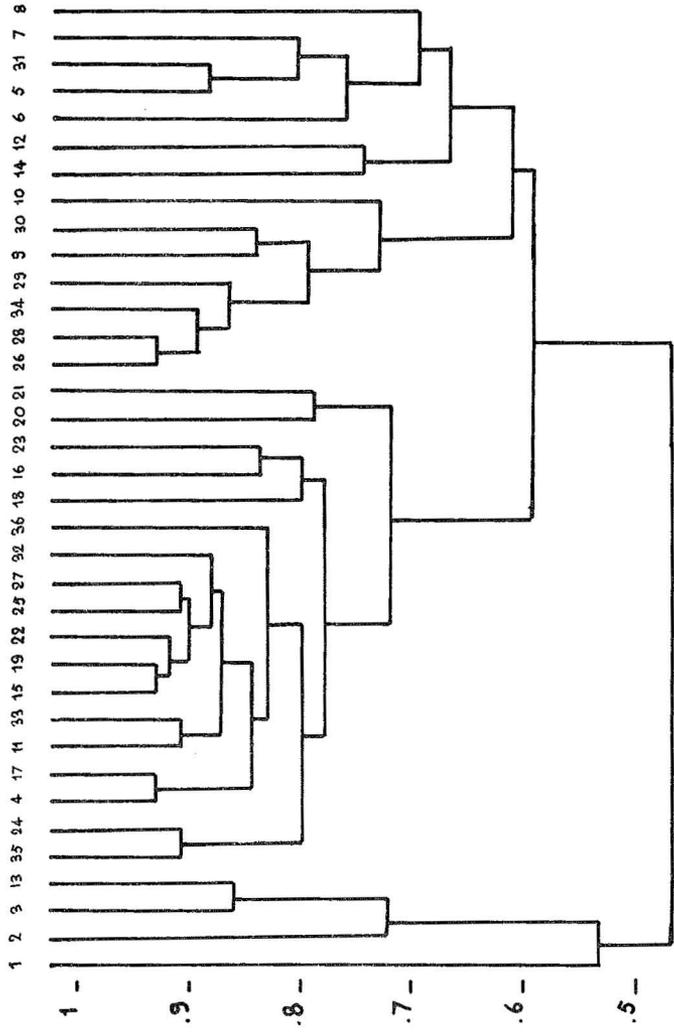


Fig. 18 - Dendrogramma di tipo R per le tombe ad incinerazione della I fase della cultura Laziale, ottenuto con il coefficiente di Sokal e Michener.

prende sia tombe femminili più antiche, come Andreoli, Vigna d'Andrea e S. Lorenzo Vecchio (8,9,2) e tombe miste più recenti (Foro U,A e Villa Cavalletti 5) (21,23,17), correlate a livello di similarità più basso con tombe miste come ad es. tombe del Foro (13,19,22), Lavinio (4,14) e Villa Cavalletti (15).

Secondo l'Autore, si nota una omogeneità culturale abbastanza evidente, sia in senso cronologico che spaziale, con una differenziazione nella fase più recente, legata in parte al sesso, come mostra il "cluster" con rituale maschile tipico dell'Osteria dell'Osa.

L'analisi di tipo R (fig. 16), oltre ad alcuni "clusters" tra oggetti molto rari in quasi tutte le tombe, come ad es. l'orcio globulare, la tazza carenata e la scodella villanoviana (15,19,22), mostra alcuni "clusters" di oggetti riferibili al sesso del defunto, come la fuseruola e le perline (24,39), l'askos e la fibula ad arco a gomito (5,31) (femminili) e il vaso biansato e la tazza profonda miniaturizzata, la lancia, il coltello ed il rasoio miniaturizzato e la fibula ad arco serpeggiante (26,9,28,34,29,30) (maschili).

E' interessante, secondo l'Autore, notare alcune correlazioni che denotano associazioni funzionali: le olle in coppia con l'olletta ad orlo rientrante (3,13), correlate a più basso livello di similarità con l'urna a capanna (2), il vaso a clessidra con la scodella troncoconica (12,14). Queste associazioni sembrano continuare cronologicamente fino ad età più tarda, nonostante i cambiamenti tipologici, mentre altre associazioni funzionali, come quella tra anfora, orciolo biconico e boccale (16,18,23) sembrano caratteristiche solo di fasi più tarde.

Un secondo esempio di interesse protostorico riguarda alcune (18) tombe integre della necropoli Villanoviana di Quattro Fontanili di Veio (Roma) (ricerche in corso di G. Bartoloni), fornite dall'Autore a titolo dimostrativo (v. per es. Tav. I b).

Gli oggetti di corredo sono 43, che non specificheremo in questa sede, dato che il nostro esempio riguarda solo analisi di tipo Q, i cui risultati si possono vedere nel dendrogramma di fig. 17, calcolato sempre con il coefficiente di Sokal e Michener (eq. (3)).

A partire da sinistra, il "cluster" (10,1) consiste in due tombe femminili particolarmente ricche, separato sia dal "cluster" (8,9), rappresentato da tombe maschili (una di guerriero e l'altra senza armi, ma con molti elementi di ceramica locale in comune) che da quello rappresentato da tombe femminili di media ricchezza (2,3,6). Quest'ultimo "cluster" si trova correlato, a livello più basso, con un altro piuttosto composito (12,5,7,17).

Infine vi è un "cluster" di tombe maschili piuttosto ric-

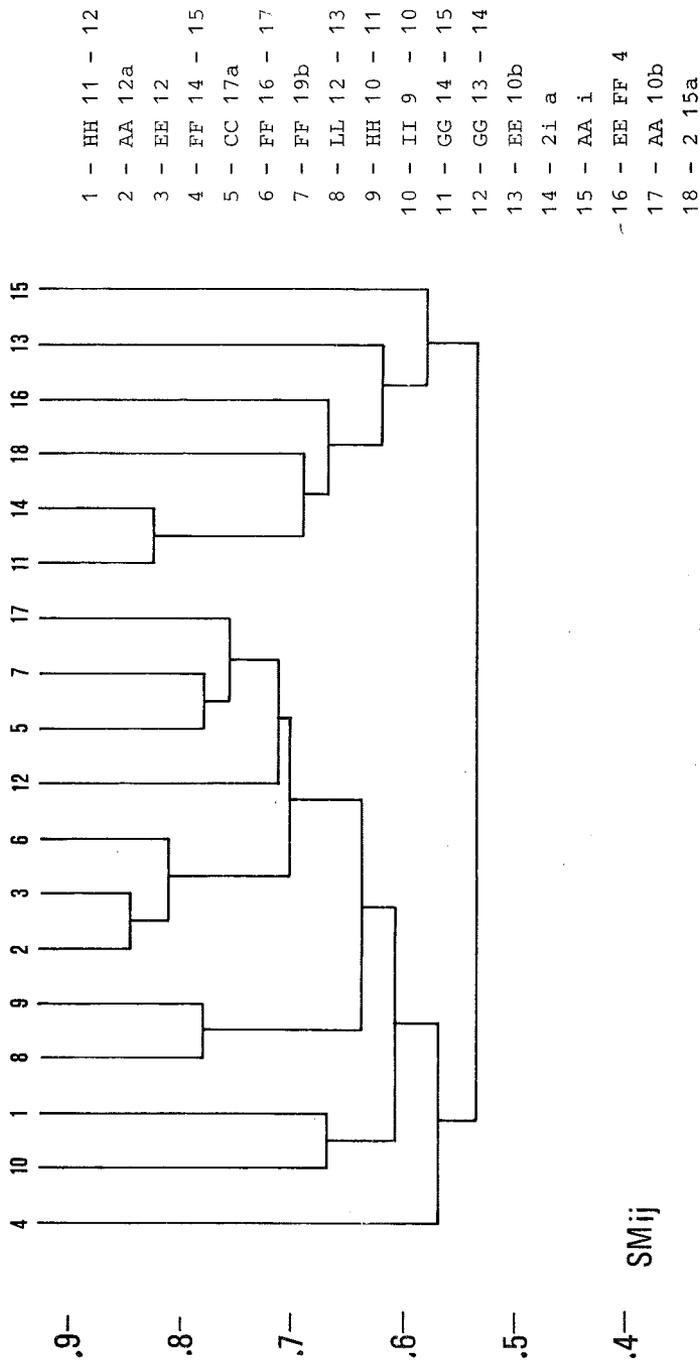


Fig. 19 - Dendrogramma di tipo Q per alcune tombe della necropoli di Quattro Fontanili di Veio, ottenuto mediante il coefficiente di Sokal e Michener.

che (11,13,14,16,18) (anche se alcune con basso coefficiente di similarità) di cui alcune (14,13,15,18) hanno anche il carro ed i morsi di cavallo in bronzo.

Questa possibile differenziazione di "status" e di ricchezza per entrambi i sessi, anche se il numero di tombe considerato è molto limitato, sembra essere messa in luce anche dal dendrogramma eseguito con il coefficiente di Jaccard (che non tiene conto delle assenze contemporanee di oggetti di corredo in due tombe, come si è già detto), rappresentato in fig. 20. Come si vede, i primi tre "clusters" della fig. 19 sono ancora presenti: (10,1), (8,9) e (2,3,6). Il "cluster" di tombe maschili ricche è ora sostanzialmente diviso in due: (11, 14) (già isolato nel dendrogramma precedente) e (13,15,18). Il "cluster" indistinto di fig. 19 (12, 5, 7, 17) è ora smembrato tra altri "clusters", con bassi valori del coefficiente di similarità (da notare che, per sua stessa definizione, il coefficiente di Jaccard ha in generale valori più bassi rispetto a quello di Sokal e Michener, a parità di unità da correlare).

Come esempio di "cluster analysis" applicata ad un problema di archeologia classica, in fig. 21 si può vedere il dendrogramma di tipo Q per 37 tombe di sesso misto (riconoscibile

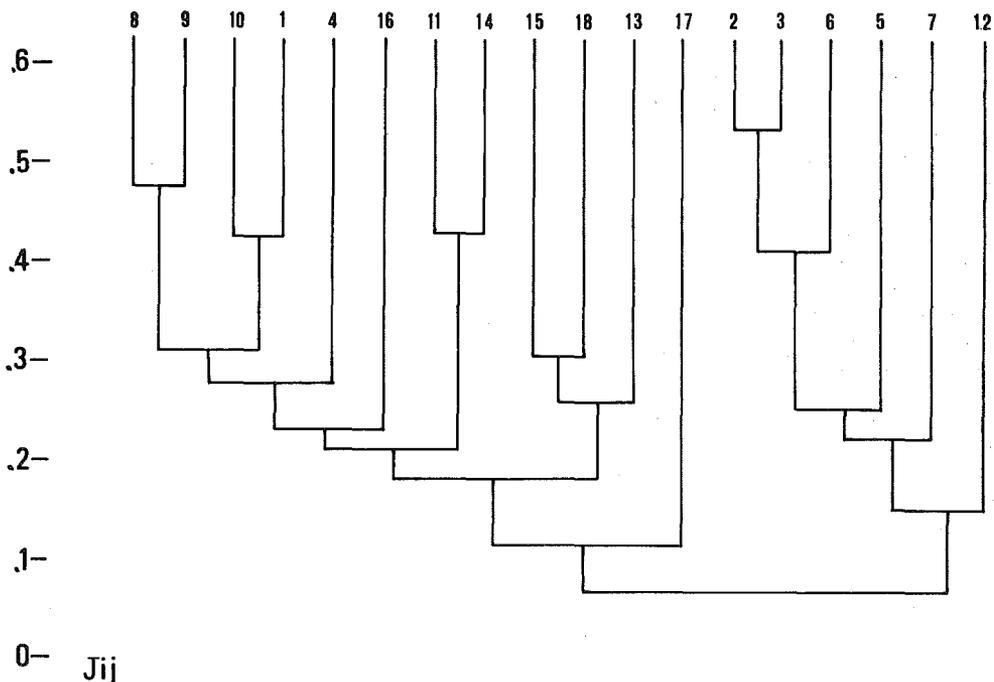


Fig. 20 - Come in fig. 19 ma con il coefficiente di Jaccard.

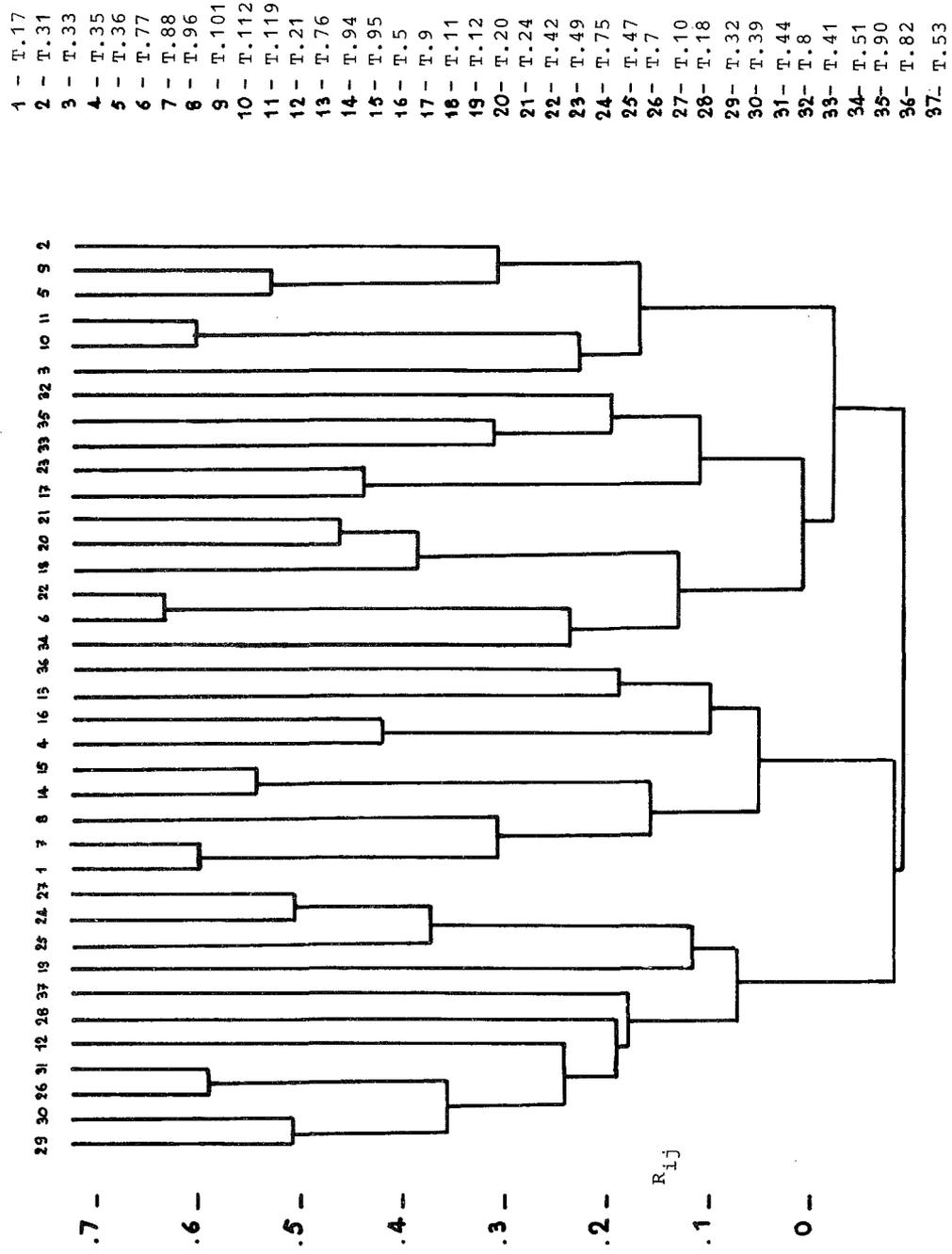


Fig. 21 - Dendrogramma di tipo Q per le tombe della necropoli Lucana di Paestum, ottenuto mediante il coefficiente di correlazione lineare.

solo dai corredi, perché, data la natura del terreno, gli scheletri non sono conservati) di una necropoli Lucana del IV sec. a. C. di Paestum (Salerno) (Ricerche in corso di A. Greco - Pontrandolfo; v. anche Greco-Pontrandolfo, 1977) (v. per es. Tav. II).

Il dendrogramma è calcolato questa volta sulla base del coefficiente di correlazione (eq. (4)) dato che gli oggetti di corredo sono stati considerati dall'Autore come attributi a quattro stati (assente, presente, frequente, molto frequente).

A partire da sinistra in fig. 21 abbiamo un primo gruppo di tombe, composto innanzitutto di un "cluster" di tombe femminili (29, 30, 26, 31), legato con valore più basso del coefficiente di similarità con altre tombe femminili (12, 28, 37). L'altra "meta" del gruppo è composta da un "cluster" sempre di tombe femminili (25, 24, 27) legate però, con basso valore del coefficiente di similarità, ad una tomba maschile (19). Secondo l'Autore, vi è una probabile differenza cronologica e sociale tra i "clusters" di questo primo gruppo, da controllare meglio in futuro sia con l'analisi di nuove tombe, che con dendrogrammi di tipo R.

Il secondo gruppo di tombe consiste di tombe ibride, in maggioranza maschili (per es. i "clusters" (1, 7, 8) e (14, 15)), con l'eccezione di due tombe femminili (13, 36).

Il terzo gruppo, sulla destra in fig. 21, è composto di sole tombe maschili, e consta di tre "clusters", interessanti, secondo l'Autore, perché rappresentano distinzioni sia cronologiche che di "status" sociale.

Le tombe del primo "cluster" ((34, 6, 22) e (18, 20, 21)) sono più antiche: contengono essenzialmente armi e scarso corredo ceramico, anche se le tombe (18, 20, 21) hanno un corredo d'armi che denota più prestigio di quello delle tombe 6 e 22, ad esempio.

Nel secondo "cluster", considerato dall'Autore più recente, formato dalle tombe (17, 23) e (33, 35, 32), le armi sono assenti (solo il coltello è presente), mentre il corredo ceramico aumenta in quantità e tipi (sono presenti i vasi da mensa).

L'ultimo "cluster" del terzo gruppo è rappresentato dalle tombe (3, 10, 11) (quest'ultima è dipinta), correlate a livello più basso di similarità con le tombe (5, 9, 2), dove, oltre al corredo ceramico, ricompaiono le armi.

L'Autore ritiene che questi primi risultati siano molto incoraggianti, e che un'analisi di tipo R, nonché un'analisi di tipo Q estesa anche ad altre tombe, possa contribuire a chiarire ancor meglio sia la sequenza cronologica della necropoli che la differenziazione di "status" sociale, sia per le tombe maschili che per quelle femminili.

Siamo giunti praticamente alla fine di questa panoramica necessariamente breve e sommaria sulle possibili applicazioni di metodi matematici e statistici a problemi di archeologia sia preistorica che classica.

Voglio solo brevemente accennare, come conclusione, al terzo livello di analisi di cui si è parlato nell'Introduzione, e cioè lo studio di modelli culturali, che in realtà non fa parte della "fenomenologia" archeologica, e cioè dell'analisi dei dati, ma è un livello di vera e propria elaborazione teorica, di costruzione di *modelli* interpretativi di interesse culturale e processi culturali.

Come al solito, buona parte degli studi in questa direzione è di origine anglosassone, come si vede anche dalla breve rassegna sull'argomento fornita nel cap. 11 del già citato volume di J.E.Doran e F.R.Hodson (1975).

Molti di questi modelli, specie quelli che trattano di culture in condizioni stazionarie, o semi-stazionarie, di "equilibrio", se così si può dire, si fondano su teorie che hanno ampie connessioni con la cibernetica, come la teoria generale dei sistemi. I modelli sono quindi creati mediante simulazione con il calcolatore elettronico.

È il caso, ad esempio, per citarne solo uno, di un recente lavoro di H.Wobst (1974), che cerca di stabilire l'entità numerica e l'estensione territoriale di una cultura di cacciatori e raccoglitori del Paleolitico, con un modello stocastico di simulazione, usando il metodo di Montecarlo.

Il modello ha alcune ipotesi di base, che vengono mantenute fisse, e cioè: 1) il gruppo culturale è costituito da una "macrobanda" articolata in "microbande", che sono a loro volta costituite da una o più unità familiari; 2) il gruppo è "territoriale", nel senso che si muove in un'area delimitata sia da ostacoli naturali che da confini "culturali", ed in cui si trova a suo agio, anche per la familiarità con l'ambiente circostante. Si assume inoltre un modello geometrico ad esagoni (la struttura più regolare), come organizzazione geografica del gruppo; 3) il sistema culturale articola le sue componenti in risposta agli stimoli dell'ambiente esterno, e si suppone che le dimensioni numeriche della "macrobanda" siano mantenute a livello di equilibrio, bilanciando le strategie di rifornimento del cibo, il sistema di organizzazione dei matrimoni (endogamia od esogamia, ecc.), il tasso di natalità, ecc.

Tutti questi parametri vengono ovviamente variati durante la simulazione tramite calcolatore elettronico.

I risultati dipendono chiaramente dal valore di questi parametri (oltre a quelli già citati vengono considerati ad e-

sempio la monogamia o la poligamia, la media della vita degli adulti, la presenza o assenza del tabù dell'incesto, ecc.). Si trova comunque una dimensione minima di equilibrio della "macrobanda" che può variare da circa 200 a 500 membri; e pertanto, con una dimensione media di 25 persone per la "microbanda" (composta da due a quattro nuclei familiari, circa), come è ricavato anche da osservazioni etnografiche recenti, si ricava che un gruppo culturale, rappresentato dalla "macrobanda", è costituito da un insieme variabile da circa 8 a circa 20 "microbande".

H. Wobst definisce anche una "vita media" del gruppo culturale: il numero di anni richiesto perché la metà del nucleo originale di cacciatori e raccoglitori abbia cessato di esistere. Mediante il programma di simulazione trova un valore dell'ordine di 180 anni, per "macrobande" di dimensioni minima d'equilibrio. Questo valore, anche se si tratta di una stima grossolana, permette, per una "microbanda" di circa 25 persone, come si è già detto, una sopravvivenza nel territorio per un gran numero di generazioni.

Questo modello prevede anche delle dimensioni medie del territorio occupato dal gruppo culturale, ed è stato applicato per le culture Mesolitiche dell'Europa settentrionale da T.D. Price (1978), che ha mostrato come, in assenza di ostacoli naturali, si possa stimare un'occupazione di un territorio con un raggio medio di circa 150 Km, in accordo sostanziale con la distribuzione dei giacimenti del Mesolitico osservata nella Germania settentrionale.

Un modello *dinamico*, e cioè di sviluppo culturale è invece, ad esempio quello di A. J. Ammerman e L. L. Cavalli - Sforza (1973) sulla diffusione dell'agricoltura nel Neolitico antico in Europa. Il modello si basa sul concetto di diffusione "demica" (Ammerman e Cavalli-Sforza, 1973, p. 344) e cioè sostanzialmente dovuta ad un incremento demografico, causato, secondo gli Autori, da una migliore distribuzione delle risorse motivata dallo sfruttamento *produttivo*, e quindi pianificato, dell'ambiente circostante tramite la coltivazione delle piante (in particolare cereali) e l'allevamento di animali.

Nel modello si postula un'origine di diffusione a partire da un unico centro situato essenzialmente nel medio Oriente, anche perché non vi è prova di esistenza di specie di cereali coltivabili (come il *Triticum monococcum* o *dicoccum*) allo stato selvatico in Europa. Il tipo di diffusione è sostanzialmente considerato come una estensione lenta di nuove aree da coltivare, quasi come una successione di stati di equilibrio, secondo un modello, già applicato in problemi di genetica, di *onda di avanzamento* ("wave of advance"), basato su di un'equazio-

ne differenziale del tipo

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \alpha f(\psi) + \beta \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right)$$

dove  $\psi$  rappresenta la densità di popolazione,  $t$  è il tempo e  $\beta$  è il coefficiente di diffusione, collegato con il parametro  $\alpha$  alla velocità di avanzamento del fronte d'onda, e cioè alla velocità di espansione geografica dell'agricoltura a partire dal centro diffusore. La funzione  $f(\psi)$  può essere scelta uguale a  $\psi$  per una crescita esponenziale della densità di popolazione (molto improbabile), oppure uguale a  $1 - \psi$ , per una crescita che va in saturazione dopo un certo tempo. Scegliendo ad esempio il valore di saturazione di 5 abitanti per km<sup>2</sup>, con  $\alpha=0.039$ , partendo da una densità iniziale di 0.1 abitanti per km<sup>2</sup> occorrono circa 200 anni per ottenere il valore di saturazione per  $\psi$ .

Il problema è naturalmente quello di verificare sui dati archeologici la validità di questo modello, e soprattutto la sua consistenza con certe ipotesi sui parametri, come ad esempio il già citato tasso ("rate") di avanzamento del fronte d'onda  $\rho = 2 \sqrt{\beta \alpha}$ , che è una costante, secondo il modello. In linea di principio i dati archeologici dovrebbero dare delle indicazioni sul valore di questi parametri, ma non bisogna dimenticare che il modello parte da ipotesi abbastanza semplificate, tra cui principale mi sembra quella di una continua espansione demografica (anche se, al limite, in saturazione).

In ogni caso, in accordo con una diffusione lineare nel tempo dell'agricoltura (il Neolitico antico) in Europa, a partire da un centro diffusore (identificato essenzialmente con Gerico, in Palestina, datato a circa 9000 anni da oggi), gli Autori presentano un grafico estremamente suggestivo, che mostra la distanza di diversi giacimenti Europei del Neolitico antico, a partire dal centro diffusore, in funzione del tempo (fig. 22). Come si vede, i punti sono ben disposti lungo una retta, e il coefficiente di correlazione è particolarmente alto (0.89).

Gli Autori stessi naturalmente riconoscono che questa linearità spazio-temporale per la diffusione dell'agricoltura in Europa a partire dal medio Oriente può essere spiegata non solo tramite la loro ipotesi di incremento demografico, ma anche per semplice scambio culturale nell'area di contatto tra culture diverse.

Potrei portare ancora molti altri esempi di modelli culturali, ma voglio ora chiudere la mia esposizione con una semplice considerazione sul problema del rapporto tra "teoria" ed "esperimento" nelle scienze archeologiche e paleontologiche.

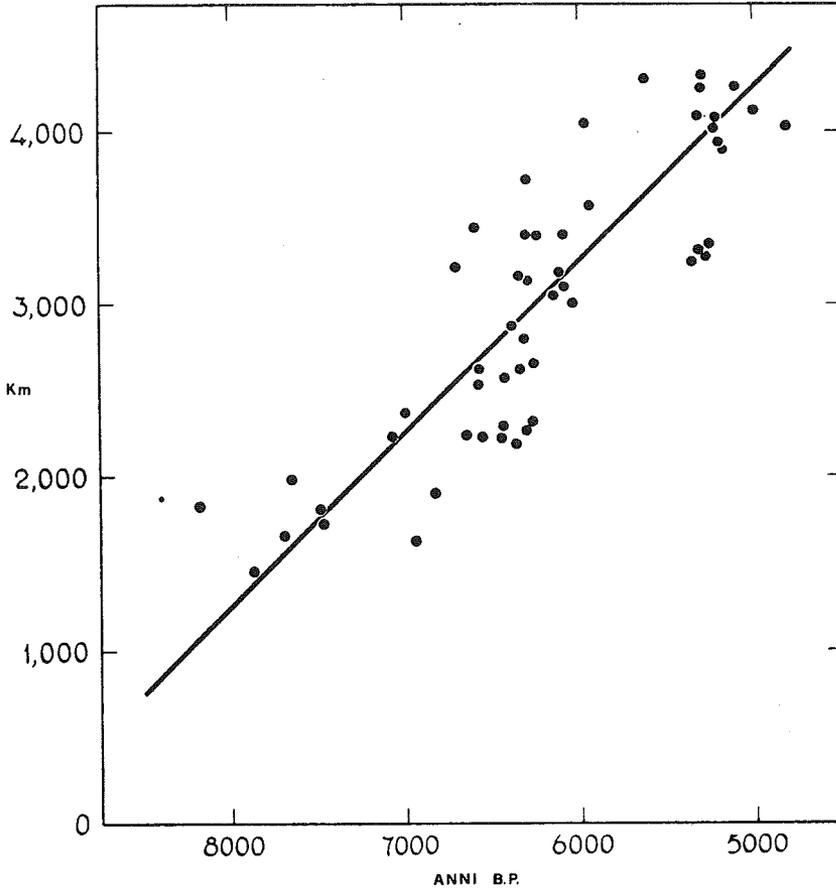


Fig. 22 - "Scatter diagram" e retta di regressione per i giacimenti del Neolitico antico in Europa. In ascisse l'eta' da oggi (in migliaia di anni); in ordinate la distanza dal centro diffusore (Gerico, in questo caso) in migliaia di km (da Ammerman e Cavalli-Sforza, 1973).

Non vi e' dubbio che i modelli matematici di culture e di sviluppo culturale, come quelli ai quali ho qui brevemente accennato, rientrano nel campo della "teoria" archeologica (o meglio paletnologica), eventualmente appoggiata su solide basi di antropologia culturale (secondo la terminologia anglosassone), che a sua volta e' il frutto di una lunga elaborazione critica di dati etnografici.

Non vorrei pero' che l'archeologo o il paletnologo professionista tradizionale, vedesse in questo un indizio di divisione del lavoro: a lui e' demandato il compito di raccolta dei da-

ti, dell'"esperimento", e cioè lo scavo, lo studio dei materiali, ecc.; mentre all'eventuale "teorico" spetta il compito di interpretare questi dati, di andare al di là della "fenomenologia" di essi, secondo un modello culturale che resta, anche perché fa uso di metodi matematici, sostanzialmente estraneo all'archeologo tradizionale.

Io credo invece che questa divisione del lavoro tra "teorico" e "sperimentale" non abbia ragione di esistere al livello attuale della ricerca archeologica e paleontologica: il discorso che ho cercato di fare in questa breve esposizione è proprio quello di sottolineare, sia nella fase di raccolta e di analisi dei dati, che in quella di elaborazione "teorica", la importanza essenziale dello strumento matematico, che ogni archeologo e paleontologo dovrebbe utilizzare, per poter controllare di persona la *plausibilità* (e non la *verificabilità*, che è un termine troppo impegnativo, secondo me, per queste scienze) delle proprie ipotesi e teorie, come ho già detto all'inizio.

Al livello teorico, quindi, l'archeologo ed il paleontologo devono avere uno scambio continuo di idee e discussioni con l'etnologo e l'antropologo culturale, in particolare, per poter confrontare punto per punto la validità (o meglio, ripeto, la *plausibilità*) delle proprie ipotesi, e contemporaneamente devono effettuare un apprendimento critico costante di tecniche matematiche e statistiche, che vanno ovviamente valutate volta per volta, a seconda dei problemi in esame, con un rapporto stretto di *consulenza* sia con matematici e statistici che di esperti di elaborazione elettronica dei dati.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMMERMAN A.J., CAVALLI-SFORZA L.L. (1973) - *A population model for the diffusion of early farming in Europe*, in: "The explanation of Culture Change: models in Prehistory", (ed. da C. Renfrew), Duckworth, pp. 343-357.
- ARAMBOUROU R., COMBERTON G., DELPECH F., RIGAUD J. Ph.; SCHVOERER M. (1972) - *Contribution à la création d'une banque de données archéologiques*, Atti del "Colloque National sur les Banques de Données Archéologiques", Marsiglia.
- BIETTI A. (1974-75) - *Attribute analysis from a "Traditionalist" point of view: an example from an Italian upper Paleolithic assemblage*, "Quaternaria" 18, pp. 45-65.

- BIETTI A. (1977) - *Le gisement Paléolithique supérieur de Taurisano (Lecce, Italie) et sa position chronologique et culturelle dans l'Épigravettien Italien*, Atti del "Colloque international CNRS n. 271: la fin des temps glaciaires en Europe", Bordeaux, maggio 1977 (in corso di stampa).
- BIETTI A. (1978) - *The Mesolithic cultures in Italy: New activities in connection with upper Paleolithic cultural traditions*, Atti del II simposio internazionale "Mesolithikum in Europa", Potsdam, aprile 1978, (in corso di stampa).
- BIETTI A., ZANELLO L. (1975) - *CNTG - Un programma FORTRAN V per il calcolo di correlazioni tra attributi di oggetti archeologici con il metodo delle tabelle di contingenza*, Nota C.N.R. "S.S.A. 75.1".
- BIETTI A., RAMBALDI A., ZANELLO L. (1978) - *DENDR - Un programma FORTRAN di "Cluster analysis" per applicazioni archeologiche, paleontologiche e paleoecologiche*, "Quaternaria" 20, in corso di stampa.
- BIETTI-SESTIERI A.M. (1978) - *Gabii - Dati ed ipotesi preliminari sulla necropoli dell'Osteria dell'Osa*, "Archeologia Laziale: Quaderni del centro di studio per l'archeologia Etrusco-Italica", I, pp. 47-50.
- BIETTI-SESTIERI A.M., BERGONZI G. (1977), *La fase più antica della cultura Laziale*, "Atti della XXI riun. scient. dell'I.I.P.P.", Firenze, ottobre 1977 (in corso di stampa).
- BINFORD L.R. (1963) - *The Pomranky site. A late archaic burial station*, "Miscellaneous Studies in Typology and Classification", Anthrop. Papers, n.19, pp. 149-192. Museum of Anthropology, University of Michigan.
- BORDES F. (1953) - *Essai de classification des industries "mousteriennes"*, "Bull.Soc.Préh.Fr.", 50, pp. 457-466.
- BORDES F. (1961) - *Typologie du Paléolithique ancien et moyen*, Delmas, Bordeaux, 85 p.
- BORDES F. (1967) - *Considérations sur la typologie et les techniques dans le Paléolithique*, "Quartär", 18, pp. 25-55.
- BRAINERD G.W. (1951) - *The place of chronological ordering in archaeological analysis*, "Amer.Antiquity", 16, pp. 301-313.
- BROGLIO A. (1971) - *Risultati preliminari delle ricerche sui complessi Epipaleolitici della valle dell'Adige*, "Preist.Alpina" 7, pp. 135-241.
- CLARKE D.L. (1968) - *Analytical Archaeology*, Methuen, London, 684 p.
- DORAN J.E., HODSON F.R. (1975) - *Mathematics and Computers in Archaeology*, Edinburgh University Press, 381 p.
- GRECO-PONTRANDOLFO A. (1977) - *Su alcune tombe Pestane: proposta d'una lettura*, "Mélanges de l'éc. Fr. de Rome" (in corso di stampa).
- LAPLACE G. (1964) - *Essai de typologie systématique*, "Ann.Univ.di Ferrara", N.S. sez. XV, 1, suppl. II, 85 p.

- LAPLACE G. (1974) - *De la dynamique de l'analyse structurale ou la typologie analytique*, "Riv.Sci.Preist." 29, pp. 1-71.
- MÜLLER-KARPE H. (1962) - *Zur Stadtwerdung Roms*, Kerle, Heidelberg, 108 p.
- PRICE T.D. (1978) - *Regional approaches to human adaptation in the Mesolithic of the North European plain*, Atti del II Simp. internaz. "Mesolithikum in Europa", Potsdam, aprile 1978, (in corso di stampa).
- RADMILLI A.M. (1974) - *Gli scavi nella grotta Polesini a Ponte Lucano di Tivoli e la piu' antica arte nel Lazio*, "Origines", Sansoni, Firenze, p. 131.
- ROBINSON W.S. (1951) - *A method for chronologically ordering archaeological deposits*, "Amer.Antiquity", 16, pp. 293-301.
- SACKETT J.R. (1966) - *Quantitative analysis of upper Paleolithic stone tools*, "Amer.Anthropologist" 68, 2, pp. 356-394.
- SOKAL R.R., SNEATH P.H.A. (1963) - *Principles of numerical taxonomy*, Freeman, S.Francisco e Londra, 359 p.
- SONNEVILLE-BORDES D. de, PERROT J. (1953) - *Essai d'adaptation des methodes statistiques au Paléolithique superieur. Premiers résultats*, "Bull. Soc.Préh.Fr." 50, pp. 323-333.
- SONNEVILLE-BORDES D. de, PERROT J. (1954-1956) - *Lexique typologique du Paléolithique supérieur*, "Bull.Soc.Préh.Fr." 51, pp. 237-355, 52, pp. 76-79, 53, pp. 408-412 e pp. 547-559.
- SPAULDING A.C. (1953) - *Statistical techniques for the discovery of artifact types*, "Amer.Antiquity", 18, pp. 305-313.
- TASCHINI M. (1968) - *La datation au C 14 de l'abri Blanc (Mont Circé). Quelques observations sur le Mésolithique en Italie*, "Quaternaria", 10, pp. 137-165.
- WHALLON R. (1972) - *A new approach to pottery typology*, "Amer.Antiquity", 37, pp. 13-33.
- WHALLON R. (1973) - *Spatial analysis of Palaeolithic occupation areas*, in: "The explanation of Culture change: models in Prehistory" (ed. da C.Renfred), Duckworth, pp. 115-130.
- WOBST H.M. (1974) - *Boundary conditions for Paleolithic social systems: a simulation approach*, "Amer.Antiquity", 39, pp. 147-177.





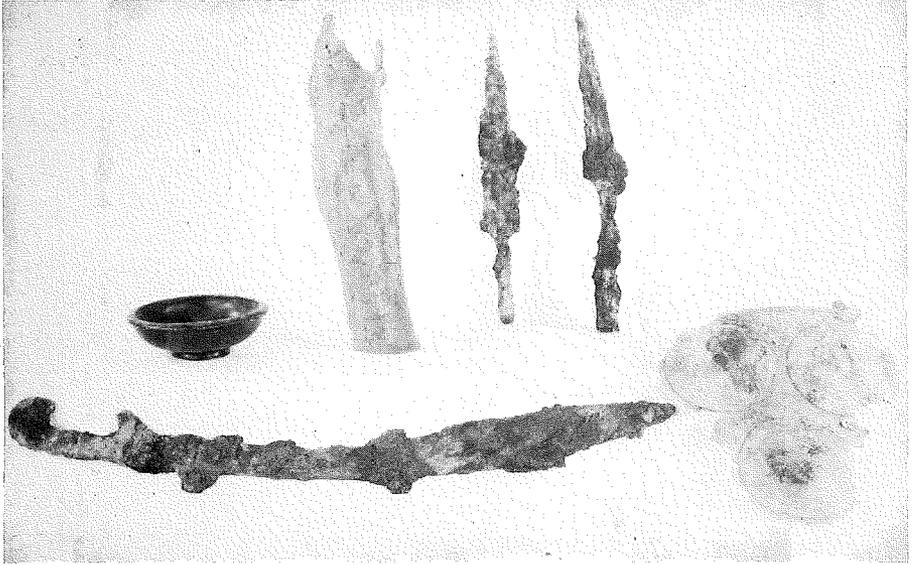


*a*: Osteria dell'Osa (Roma). Corredo ceramico della tomba TU 55.



*b*: Necropoli di Quattro Fontanili, Veio. Esempio di corredo ceramico.





*a:* Paestum (Salerno), Necropoli lucana. Armi e corazze dalla tomba 112.



*b:* Paestum (Salerno), Necropoli lucana. Corredo ceramico dalla tomba 11.

