

## **UC Merced**

### **Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography**

#### **Title**

Biogeografia quantitativa e banche dati

#### **Permalink**

<https://escholarship.org/uc/item/22z2z5v4>

#### **Journal**

Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography, 11(1)

#### **ISSN**

1594-7629

#### **Author**

Feoli, Enrico

#### **Publication Date**

1987

#### **DOI**

10.21426/B611110232

Peer reviewed

# Biogeografia quantitativa e banche dati

ENRICO FEOLI

*Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Trieste*

## SUMMARY

The role and aims of quantitative biogeography are discussed. It is stressed that quantitative biogeography should not be considered as the mere application of numerical methods. Some examples of application of integrated information systems composed of data bases and programs for multivariate analysis, using both mainframes and microcomputers, are given.

## INTRODUZIONE: COS'È LA BIOGEOGRAFIA QUANTITATIVA

La diffusione di un tipo di organismo vivente dipende dalla estensione dell'ambiente che gli consente la vita e dalla sua capacità di diffondersi ed adattarsi. Lo stesso vale per una comunità vegetale, animale ed umana. Anche senza pensare alla comunità in termini organicistici, possiamo dire che ad ogni tipo di organismo e di comunità corrisponde una nicchia ecologica, cioè una porzione dello spazio ecologico che viene definito dai fattori che controllano tutte le attività biologiche (si veda Hurlbert 1981, per una approfondita discussione sulla nicchia ecologica). Questa porzione di spazio, che include appunto l'insieme dei punti con condizioni possibili per l'organismo o la comunità, può realizzarsi su vaste aree o su piccole aree della Terra, il tutto dipende da una moltitudine di fatti generali o locali legati alla storia chimico-fisica e morfologica del nostro pianeta. Se una nicchia occupa certe aree non è detto che il tipo di organismo o la comunità corrispondenti occupino automaticamente le stesse aree. In questi termini la biogeografia potrebbe essere definita come quella disciplina scientifica che cerca di spiegare le relazioni tra la effettiva distribuzione geografica di un tipo di organismo, o di comunità e la distribuzione geografica della nicchia corrispondente. A questa definizione si può associare una lunga lista di domande:

- Quando due o più tipi di organismi, diversi per certi caratteri, si possono considerare equivalenti rispetto ad una nicchia? Od anche, quanto differenti devono essere due entità per coesistere nella stessa comunità occupando la stessa nicchia o nicchie diverse?
- Quali sono le relazioni filogenetiche e/o evolutive tra organismi e/o comunità che occupano le medesime nicchie, o nicchie molto simili?

- Quali potrebbero essere le cause ed i meccanismi che fanno sì che un organismo o una comunità siano confinati solo su una modesta parte dell'area di una nicchia e perché invece altri tipi tendono ad occuparla tutta?
- Quante nicchie sono sfruttabili in un territorio e quanti sono i tipi di organismo o comunità che le occupano?
- Cosa succede ad un organismo quando arriva in una nicchia che è diversa dalla «sua»?
- Come viene a definirsi in una certa area un dato rapporto quantitativo tra organismi o comunità che provengono da aree diverse?
- Cosa succede quando due o più tipi di organismi selezionati per la stessa nicchia in zone distanti vengono a contatto?
- È possibile definire l'estensione geografica di una certa nicchia sulla base della distribuzione dei tipi di organismi e delle comunità?
- È possibile definire aree biogeografiche omogenee?
- Quali sono stati i meccanismi che hanno condotto alla realizzazione dei pattern biogeografici attuali?
- È possibile stimare la stabilità di aree biogeograficamente omogenee e le loro tendenze evolutive?

Queste e simili domande che il biogeografo può facilmente porsi richiedono la ricerca scientifica di spiegazioni adeguate. A questo punto viene spontaneo chiedersi cosa sia la ricerca scientifica di spiegazioni adeguate e come possa essere fatta.

L'argomento può portare facilmente nel tipo di discussioni filosofiche che T.S. Khun e K.R. Popper hanno provocato anche nell'ambiente naturalistico. A questo proposito credo che la posizione pragmatica di Robert H. MacArthur (1972): «The only rules of scientific method are honest observations and accurate logic», pur sembrando naïf, sia la più operativa.

Lascio volentieri a Donald R. Strong jr. e a Jonathan Roughgarden la discussione se l'ecologia e, analogamente, la biogeografia necessitino «di qualcosa di più del senso comune» (si veda Salt, 1984), anche se condivido l'opinione del secondo che un allineamento filosofico può condurre «sia ad una scienza cattiva che ad un abuso della filosofia».

Nella biogeografia il numero di «oneste osservazioni» è necessariamente grande, di conseguenza la «logica accurata» deve essere «ambientata» in qualche modo. Questo significa che i dati provenienti dalle osservazioni devono essere organizzati in una struttura i cui elementi possano essere messi in relazione secondo schemi che consentano delle deduzioni logiche. La gran massa dei dati biogeografici è costituita dalle coordinate più o meno precise dei luoghi dove sono stati trovati gli organismi o le comunità, o certe loro caratteristiche oggetto di studio. A questi dati si aggiungono di volta in volta altri dati i quali consentono di caratterizzare tre tipi principali di ricerche biogeografiche in cui si colloca la lista di domande prima formulate:

- Ricerche con prevalente interesse sistematico, genetico ed evolutivo, in

cui i dati di distribuzione geografica delle entità vengono correlati con le variazioni di caratteri morfologici, fisiologici e biochimici (ad esempio, alcuni lavori in Valentine, 1972; Endler, 1977; ed alcuni lavori in Funk & Brooks, 1981 e molti capitoli in Nelson & Platnick, 1981). Queste caratterizzano la biogeografia sistematica-evolutiva.

- Ricerche con prevalente interesse autoecologico e sinecologico, in cui i dati di distribuzione geografica vengono correlati con caratteri adattativi e con caratteri strutturali e funzionali delle comunità (ad esempio, MacArthur, 1972; Cody & Diamond, 1975; Lieth, 1975; Box, 1981). Queste caratterizzano la biogeografia ecologica.
- A questi due tipi di ricerche biogeografiche, con apparenti più forti implicazioni biologiche, si affianca anche una ricerca, che potremmo definire più naturalistica, con prevalente interesse storico-geografico. In questo caso i dati di distribuzione vengono utilizzati direttamente per definire gli areali dei diversi taxa ed aree biogeografiche omogenee da interpretare da un punto di vista storico (si veda Stott, 1981). Questa ricerca, che potrebbe caratterizzare la biogeografia storica, può essere considerata utile per generare ipotesi più che per spiegarle. Secondo Crovello (1981) la biogeografia storica costituisce una interfaccia tra la sistematica, la geografia, la geologia e l'ecologia; come tale è meritevole di una sua precisa identità, che la qualifichi rispetto alla biogeografia sistematica ed ecologica, anche perché è inevitabile che, come dice Stott (1981), la biogeografia storica non si limiti a produrre cartine di distribuzione, ma anche cerchi di spiegare la distribuzione delle entità usando sia la biogeografia sistematica-filogenetica che quella ecologica. Si può dire che questa biogeografia, più delle altre due, ricerchi direttamente le relazioni tra la distribuzione geografica di una entità e la distribuzione della nicchia ecologica corrispondente.

Crovello (1981) considera la biogeografia come un processo decisionale a multistadi. Questi possono essere interpretati come elementi di una struttura logica a cui possono essere assegnati i diversi usi dei metodi quantitativi. Per metodi quantitativi si intendono quelli che basandosi sulla matematica e sulla statistica sono in grado di quantificare le relazioni tra le variabili che descrivono un sistema. Queste quantificazioni servono per testare ipotesi di vario tipo e per fare predizioni sugli stati del sistema. La ricerca sui metodi quantitativi per la biogeografia dà origine alla biogeografia quantitativa. Per alcuni, la mera applicazione di metodi statistici o matematici a dati biogeografici è fare biogeografia quantitativa. Molto spesso l'applicazione di metodi numerici sofisticati e la discussione dei risultati da essi prodotti, non aggiunge niente di più a quello che si poteva ottenere con una tradizionale elaborazione dei dati fatta sulla base di una sensata impostazione del problema scientifico. In molti lavori che applicano i metodi quantitativi i risultati non vengono discussi in rapporto alla metodologia usata e vengono proposte conclusioni ovvie, tipo: le piante della steppa stanno nella steppa e le piante delle foreste

boreali stanno effettivamente nelle foreste boreali. Queste conclusioni possono far felici molti naturalisti che si vedono «confermare» con i metodi numerici quello che avevano osservato ad occhio, ma possono deludere quelli che dall'applicazione dei metodi quantitativi si aspettano qualcosa di non atteso, o la quantificazione di certe relazioni, o almeno l'elaborazione di ipotesi nuove sui rapporti tra le variabili considerate.

L'applicazione dei metodi «quantitativi» alla biogeografia fa parte del logico sviluppo scientifico della biogeografia, come l'applicazione dei metodi «biometrici» alla biologia fa parte del logico sviluppo scientifico della biologia, dove però la biometria resta una disciplina biologica ben caratterizzata. Con ciò voglio dire che fare della biogeografia quantitativa significa analizzare i problemi della biogeografia, cercando di sviluppare, o provando quelle metodologie statistiche, o matematiche, che possono essere utili per quantificare le relazioni esistenti tra le entità che definiscono un preciso problema. Se la biogeografia è una scienza, essa è quantitativa per definizione, quindi l'aggettivo quantitativo deve venir usato per caratterizzare una linea di ricerca della biogeografia e non per generare confusione. Personalmente sarei più propenso a considerare la biogeografia quantitativa come quella parte della biometria che si occupa di problemi biogeografici. Come ho già fatto notare in un lavoro precedente (Feoli, 1984), non capisco cosa intenda Harper (1982) con il suo articolo «After Description», se non impressionare il pubblico con un titolo che può sembrare attuale. Nella ricerca ecologica e biogeografica, anche «quantitativa», c'è sempre una fase descrittiva in cui si descrive il problema, e da molto, coesistono gli approcci: descrittivo, sperimentale e deduttivo (Goodall, 1970). Questi, essendo complementari, consentono di affrontare il problema nel modo più completo possibile. Nella biogeografia l'approccio descrittivo è dominante, questo si basa sulla raccolta di dati che possono essere di diversa natura, e sulla loro elaborazione numerica più o meno sofisticata, a questo proposito voglio sottolineare che ai fini della biogeografia quantitativa, i dati in scala nominale (qualitativi), non sono meno quantitativi dei dati in scale intervallare, o razionale.

#### UN MODELLO PER PARLARE DI BIOGEOGRAFIA QUANTITATIVA

Come già detto, Crovello (1981) parla di biogeografia quantitativa associando un insieme di problemi, che richiedono l'applicazione di metodi quantitativi, a molti stadi di un processo decisionale. Personalmente preferisco impostare il discorso considerando la definizione di biogeografia prima data e la biosfera come un sistema cibernetico (Wiener, 1952; Ashby, 1971), che può essere decomposto gerarchicamente in compartimenti (sottosistemi di diversa complessità), corrispondenti alle regioni o province biogeografiche, a loro volta decomponibili in compartimenti, fino ad arrivare al compartimento elementare che dovrebbe essere la biogeocenosi (nel senso di Walter, 1979). All'interno di questi compartimenti e, fatto più rilevante per la biogeografia, tra questi compartimenti c'è un flusso di informazione di diverso tipo

più o meno intenso, che si concretizza con la diffusione delle diverse entità tassonomiche. Questa diffusione potrebbe essere descritta in modo semplice dal modello di Fick qualora si consideri una entità tassonomica alla volta:

$$m = - D \frac{\Delta c}{\Delta x} St$$

dove  $m$  è la massa di soluto che nel tempo  $t$  attraversa uno strato di sezione  $S$  e di spessore  $\Delta x$ ,  $D$  è il coefficiente di diffusione e il suo valore dipende dalla natura della soluzione e dalla sua temperatura. Il segno negativo indica che la diffusione va in verso contrario al gradiente di concentrazione. Consideriamo la figura 1, in essa  $A$  rappresenta l'area occupata da una certa entità  $E$  con una certa concentrazione  $cE$ ,  $B$  è l'area più o meno lontana in cui esistono le stesse condizioni ambientali di  $A$ , cioè la stessa nicchia ecologica, o una porzione di nicchia che comunque consentirebbe la vita ad  $E$ . La diffusione di  $E$  in  $B$  dipende dal gradiente di concentrazione di  $E$  ( $\Delta c$ ), dalle caratteristiche di  $E$  che definiscono la costante  $D$ , dalla «distanza» che c'è tra  $A$  e  $B$  ( $\Delta x$ ), dal fronte di diffusione  $S$  e dal tempo a disposizione.

Le caratteristiche di  $E$  che definiscono  $D$  sono la sua capacità riproduttiva, la sua capacità di dispersione, la sua capacità adattativa e la sua capacità competitiva. La distanza  $\Delta x$  non deve essere vista solo in termini spaziali, ma anche e soprattutto in termini di difficoltà a superare certe barriere naturali, che implicano l'intromissione tra  $A$  e  $B$  di nicchie che possono essere anche molto diverse da quella considerata. Il  $\Delta c$  dipende dalla concentrazione di  $E$  in  $A$  ed in  $B$ . A questo proposito è importante sottolineare che questa differenza non è dovuta alla sola presenza di  $E$  in  $B$ , ma anche alla presenza di entità diverse da  $E$ , chiamiamole  $EX$  equivalenti ad  $E$  nei confronti della nicchia. Il modello come proposto in 1) è valido solo se la competitività di  $E$  e quelle di  $EX$  sono uguali, in altre parole se  $c_1$  è uguale a  $c_2$  non c'è diffusione. Ammettendo che la diffusione possa avvenire anche nel caso di  $c_1 < c_2$ , il modello dovrebbe essere scritto nella forma seguente:

$$m = - D \frac{d_1 c_1 - d_2 c_2}{\Delta x} St$$

dove  $d_1$  e  $d_2$  sono coefficienti che esprimono la competitività di  $E$  e di  $EX$ . È ovvio che, a parità di concentrazione, ci sarà diffusione da  $A$  a  $B$  solo se  $d_1$  è maggiore di  $d_2$ . Bisogna ancora chiarire che ad un certo momento l'aumento di concentrazione in  $B$  non sarà dovuto solo ad invasione di  $E$  da  $A$ , ma anche a moltiplicazione di  $E$  in  $B$ , comunque l'effetto ai fini del modello è il medesimo. In una ricerca biogeografica che voglia studiare la dinamica delle entità tra le diverse aree sono necessarie informazioni sulla possibilità che le entità hanno di diffondersi o, in altre parole, di invadere con successo

aree con la stessa nicchia, o nicchie simili. Questo successo dipende in modo particolare dai fattori che influiscono su D.

Per definire in termini reali i parametri del modello di diffusione sono necessarie conoscenze «soddisfacenti» sulla distribuzione delle entità, sulla loro concentrazione e sulle caratteristiche biologiche che ne controllano la diffusione. A questo proposito lo studio sull'applicabilità dei modelli che riguardano l'analisi del pattern spaziale delle diverse entità, la dinamica delle popolazioni nelle comunità, i rapporti area-diversità, che si trovano trattati sotto diverse prospettive in testi, come ad esempio Williams (1964), MacArthur (1972), Pielou (1975), Usher & Williamson (1974), May (1974, 1981), Lepschy (1980) e Gatto (1985), è uno dei compiti della biogeografia quantitativa. Inoltre è necessario trovare le entità equivalenti in A ed in B (Fig. 1), il che implica la necessità di condurre studi sul significato delle entità nelle diverse comunità per individuare i vicarianti (Nelson & Platnick, 1981). Questa ricerca è in linea con la teoria dell'esclusione competitiva, o della «limiting similarity» (si veda Abrams, 1983) e della nicchia ecologica (si veda Mattesi, 1980; Pianka, 1981; Austin, 1985). In questi studi è necessaria la valutazione dei metodi di classificazione automatica e di ordinamento (Orlòci, 1978; Feoli, Lagonegro e Zampar, 1982; Gauch, 1982; Greig-Smith, 1983).

Nella diffusione di una entità da un'area ad un'altra possono avvenire molti fatti di natura genetica (flusso genico, ricombinazioni, ibridazioni e mutazioni), che possono alterare il ruolo che l'entità aveva nella comunità di

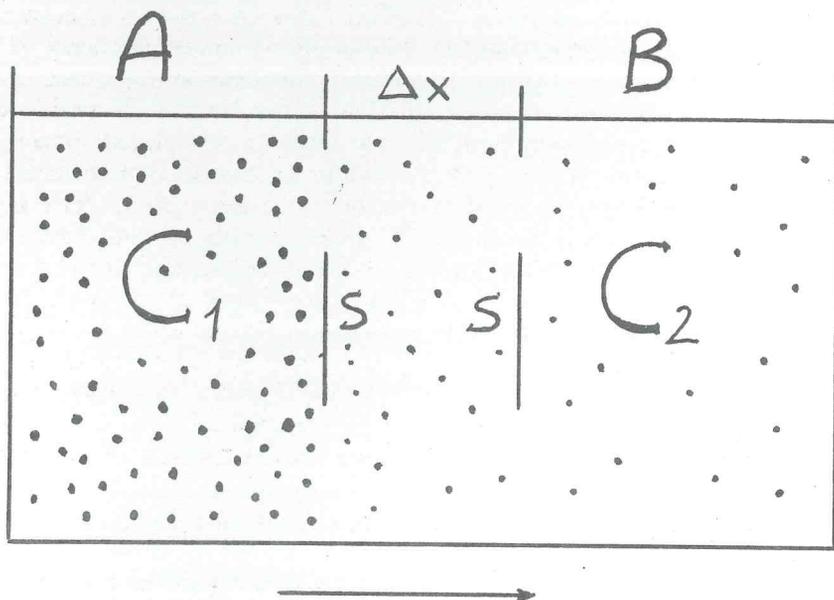


FIG. 1 - Illustrazione per il modello di Fick. A e B rappresentano due compartimenti in cui esiste la nicchia per una certa entità E.  $C_1$  è la concentrazione di E in A e  $C_2$  è la concentrazione di E in B ( $C_1 > C_2$ ), S è il fronte di diffusione,  $\Delta x$  rappresenta la «distanza» tra A e B (vedi testo).

origine e quindi le stesse esigenze ecologiche dell'entità, con conseguente influenza, più o meno favorevole, sui coefficienti di competizione (d1 e d2): è un fatto noto (si veda ad esempio Westhoff e van der Maarel, 1978) che il comportamento ecologico di una specie può non essere uguale in tutti i punti del suo areale. In questo caso la biogeografia quantitativa avrebbe il compito di lavorare sul tipo di modelli discussi in Endler (1977). Infine gli studi sull'origine delle diverse unità biogeografiche richiederebbe l'analisi dei metodi cladistici (si veda Funk & Brooks, 1981) in linea con la ricerca di Nelson (1984).

Una biogeografia quantitativa svincolata dallo studio delle comunità, sia da un punto di vista strutturale-funzionale che distributivo, e dalla dinamica delle popolazioni vista anche in chiave genetica, avrebbe significati limitati alla ricerca delle somiglianze tra gli areali (intersezione tra areali), come proposto da Jardine (1972), o delle somiglianze tra aree definite in un certo modo (OGU, Operational Geographic Unit, Crovello 1981), così come proposto già da Jaccard (1901). Ad ogni modo anche in questo caso i problemi non sono banali. Poiché la OGU può essere definita in vari modi ed avere varie dimensioni, essa risulta essere il concetto più debole della biogeografia quantitativa, analogamente a quello di rilievo fitosociologico nell'analisi della vegetazione. Un taxon può avere una distribuzione simile ad un altro a seconda di come sono state definite le OGU. Se queste sono troppo piccole le due entità possono non co-occorrere, se queste sono grandi le entità possono avere la stessa distribuzione. Anche gli studi sulla diversità delle OGU possono essere viziati dalle loro dimensioni, OGU grandi possono comprendere diversi ambienti, quindi molte nicchie, OGU piccole pochi ambienti. Il problema della definizione delle OGU richiede l'applicazione di metodi quantitativi in linea con ciò che è stato proposto da Juhasz-Nagy & Podani (1983) e Podani (1984, a,b) per l'analisi della vegetazione. Questi metodi potrebbero essere testati nella ricerca di OGU con dimensioni ottimali rispetto alle variabili che si vogliono usare per descriverle, infatti, come i rilievi della vegetazione, anche le OGU possono essere descritte da caratteri con differenti significati gerarchici (Feoli, 1984). Impostata in questi termini la biogeografia può risultare come una disciplina più unitaria ed unificante di quello che poteva sembrare leggendo tutte le domande poste inizialmente e considerando la sua suddivisione in tre branche principali: biogeografia sistematico-evolutiva, biogeografia ecologica e biogeografia storica. In questo contesto possiamo dire che la biogeografia quantitativa avrebbe lo scopo di lavorare sui metodi che servono per definire i parametri del modello di diffusione.

#### BANCHE DATI E SISTEMI INFORMATIVI

Tra gli strumenti della biogeografia, le banche dati sono uno dei supporti fondamentali, esse sono di particolare utilità anche nella biogeografia quantitativa poiché consentono un facile accesso alle informazioni che servono per valutare metodi di analisi e modelli (Tabella I).

TAB. I - Esempio di record dell'archivio LOCALITÀ della banca dati di Scimone, Feoli e Parente (1986).

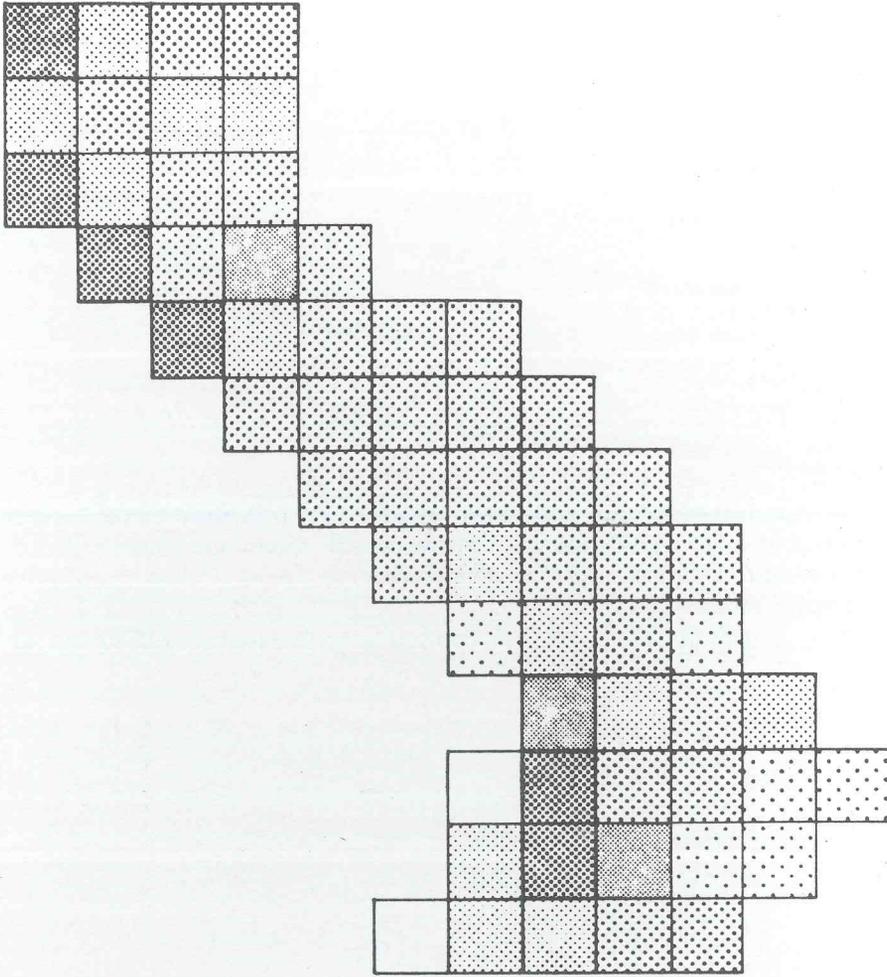
Field	Field name	Type	Width	Dec.	
1	CODLOC	Charater	10		Codice località
2	NOME	Charater	25		Nome località
3	COMUNE	Charater	25		Comune
4	PROVINCIA	Charater	2		Provincia
5	REGIONE	Charater	3		Regione
6	QUOTA	Numeric	4		Altitudine
7	LAT	Character	10		Latitudine
8	LONG	Character	10		Longitudine
9	T1	Numeric	5	1	
10	T2	Numeric	5	1	
11	T3	Numeric	5	1	
12	T4	Numeric	5	1	
13	T5	Numeric	5	1	
14	T6	Numeric	5	1	Temperature medie mensili
15	T7	Numeric	5	1	
16	T8	Numeric	5	1	
17	T9	Numeric	5	1	
18	T10	Numeric	5	1	
19	T11	Numeric	5	1	
20	T12	Numeric	5	1	
21	P1	Numeric	6	2	
22	P2	Numeric	6	2	
23	P3	Numeric	6	2	
24	P4	Numeric	6	2	
25	P5	Numeric	6	2	
26	P6	Numeric	6	2	Precipitazioni medie mensili
27	P7	Numeric	6	2	
28	P8	Numeric	6	2	
29	P9	Numeric	6	2	
30	P10	Numeric	6	2	
31	P11	Numeric	6	2	
32	P12	Numeric	6	2	
33	GEOLOGIA	Character	30		
** Total **			252		

Le banche dati sono costituite da una serie di archivi e da un software (insieme di programmi), che consente di costruire gli archivi stessi e di gestire l'informazione in essi contenuta (Ullman, 1982). Negli archivi le singole informazioni che costituiscono i records sono immagazzinate in modo sequenziale. A sua volta ogni record può essere diviso in campi che descrivono l'informazione del record nei dettagli. In Tabella 1 viene presentata la struttura di un record che va a costituire l'archivio delle località nella banca dati costruita da Scimone, Feoli e Parente (1986). Il software può strutturare l'informazione in due modi principali: gerarchico e relazionale. Un terzo modo è quello reticolare, che avrebbe caratteristiche intermedie tra i due. Nel primo caso la struttura consiste di «records leader» e di «records follower», quindi per accedere alle informazioni dei secondi bisogna necessariamente passare attraverso i primi. Nel caso del sistema relazionale ogni record assume lo stesso valore gerarchico degli altri, di conseguenza l'accesso alla sua informazione è diretto. I vantaggi del sistema gerarchico possono essere trovati nella

maggior semplicità della struttura e velocità del recupero dell'informazione, in quanto implica un preciso progetto intorno a quesiti ben definiti e di conseguenza, procedure software più agili ed efficienti. Gli svantaggi risiedono nella rigidità della struttura stessa che non consente una sua facile modificazione. I vantaggi del sistema relazionale risiedono nella sua flessibilità sia nel progettare le strutture dati, che nel recupero ed aggregazione (incroci multipli), in forme anche nuove, dell'informazione in esse contenuta. Gli svantaggi risiedono nel fatto che le procedure di costruzione ed interrogazione degli archivi vanno costruite spesso caso per caso, rendendo difficile l'uso del data base a personale non addestrato al particolare linguaggio procedurale. Inoltre, il che può essere limitante per piccoli calcolatori, un buon data base relazionale contiene una inevitabile grande ridondanza dell'informazione. Un esempio di banca dati biogeografica gerarchica è quello della flora del Carso Triestino e Goriziano (Poldini & Vidali, 1986), costruita con il software di Lagonegro et al. (1982), Lagonegro (1985) e Ganis (1985). Questa banca consente di immagazzinare l'informazione che si registra attraverso schede di rilevamento per singole OGU (SBAFT), o attraverso tabelle fitosociologiche (FUSAF). SBAFT consente di creare dizionari per specie ed OGU, contenenti quelle informazioni che non vengono messe nell'archivio base onde ridurre sostanzialmente la ridondanza. Queste informazioni vengono usate per la produzione automatica di mappe (SBAFT) di distribuzione di caratteri di diversa natura: specie, generi, famiglie, forme biologiche, elementi corologici, indici ecologici, ambienti, litotipi, categorie sintassonomiche, associazioni vegetali (Fig. 2, 3), o di tabelle (FUSAF) in formato idoneo per l'analisi statistica multivariata sia mediante THREE-PA (Lagonegro & Feoli, 1984) che SPSS (Nie et al., 1976) (Tabella II). In questo modo la banca dati va a costituire un sistema informativo più complesso che consente di elaborare i dati in modo utile anche per processi decisionali. Esempi di applicazione integrata del software SBAFT e FUSAF e di metodi di analisi multivariata per problemi sia tassonomici che fitogeografici vengono presentati da Feoli e Ganis (1984). Un esempio di applicazione dello stesso sistema informativo per valutare l'efficacia dell'uso di tabelle di contingenza multidimensionali per la descrizione di tipi di vegetazione in cui si tenga conto anche dell'informazione fitogeografica legata agli elementi corologici, viene presentata da Feoli & Ganis (1985). In questo caso gli incroci multipli, che sarebbero possibili con il sistema relazionale devono essere effettuati con programmi esterni, ad esempio con SPSS. Un altro esempio di impiego del sistema informativo descritto da Feoli & Ganis (1984), viene presentato da Feoli & Scimone (1984) per proporre l'analisi gerarchica della diversità delle comunità. In questa analisi vengono prese in considerazione anche le categorie corologiche delle specie (geoelementi o elementi floristici; per una discussione interessante su di essi si veda McLean & Ivimey-Cook, 1973, pagg. 3835-3897).

Un sistema relazionale, TAXIR, sviluppato da Estabrook & Brill (1969) e Brill & Estabrook (1984), è stato adoperato da Anzaldi e Mirri (1979) per creare una banca dati sulla base della Flora d'Italia di Pignatti (1982) e sulla





LEGENDA: classi di frequenze percentuali

-  sotto 1.0
-  da 1.0 a 3.0
-  da 3.1 a 5.0
-  da 5.1 a 7.0
-  da 7.1 a 11.0

FIG. 3 - Distribuzione di classi di frequenze percentuali di specie avventizie nelle OGU del Carso triestino e goriziano. Anche questa mappa è stata ottenuta dalla banca dati illustrata da Poldini e Vidali (1986).

TAB. II - Esempio di tabella costruita con FUSAF (Ganis, 1985) usando un prototipo di banca dati dei boschi appenninici.

Copertura	Tipo corologico	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5 Europeo	32	13	12	16	22	6	4	7
2	16 SE-Europeo	2	4	2	5	4	2	2	2
3	7 Pontico	11	7	7	10	4	10	6	6
4	10 Stenomediterraneo	3	2	2	3	2	0	0	2
5	9 Eurimediterraneo	31	15	3	13	15	8	7	6
6	3 Eurasiatico	8	6	6	10	5	4	5	0
7	23 Paleotemperato	9	7	1	1	9	8	14	4
8	12 Subatlantico	4	5	3	2	4	6	3	2
9	4 Eurosibirico	6	2	0	5	1	3	4	3
10	8 Medit.-Pontico	10	9	9	10	8	5	1	4
11	1 Cosmopolita	2	1	3	2	1	0	3	5
	Totale colonne	118	71	48	77	75	52	49	41

stuire banche dati vegetazionali viene discusso in dettaglio da Wildi (1986). Con un sistema relazionale è stato costruito anche un prototipo di banca dati per le foraggere e la vegetazione dei prati e pascoli (Scimone, Feoli e Parente, 1986), in cui vengono presi in considerazione anche i dati distributivi delle specie. Il software usato è il DATA BASE III (DB III) della Ashton Tate (1985) progettato per personal computers con sistema MS-DOS. La

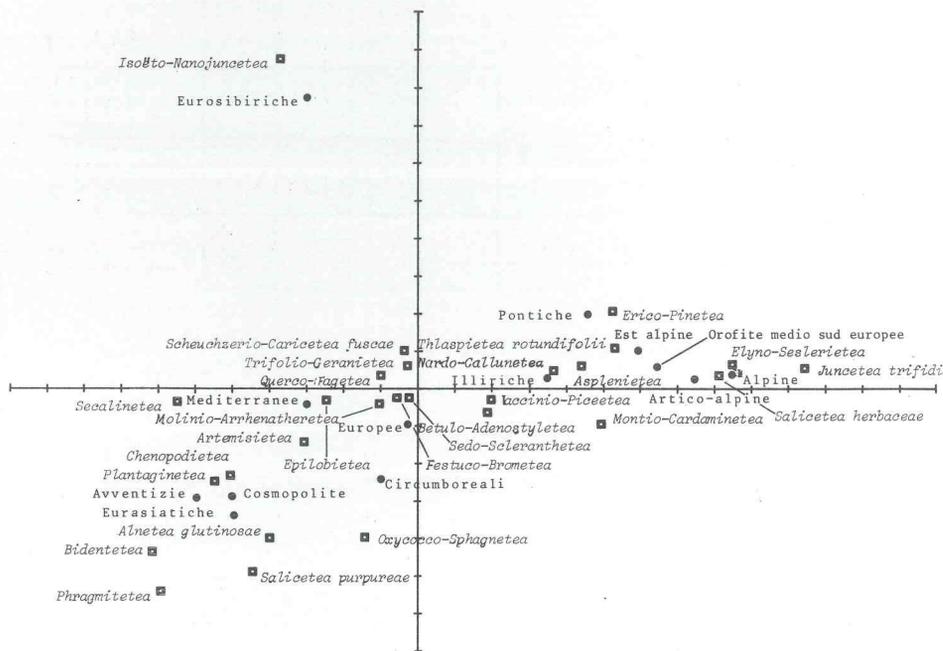


FIG. 4 - Ordinamento congiunto delle classi di vegetazione (categorie sintassonomiche della scuola di Braun-Blanquet, vedi Westhoff & Maarel, 1978) e degli elementi corologici tratto da Feoli Chiappella e Feoli (1983).

struttura della banca è presentata in Fig. 5. Attraverso i codici CODR (codice rilievo), CODLOC (codice località), CODS (codice specie) ed un corretto uso del comando JOIN è possibile incrociare le informazioni dei diversi archivi. Un esempio di applicazione di un sistema informativo, che comprende una banca dati sui boschi ad *Ostrya carpinifolia* del Friuli Venezia-Giulia (Poldini, 1982), un software di collegamento con i programmi di analisi mul-

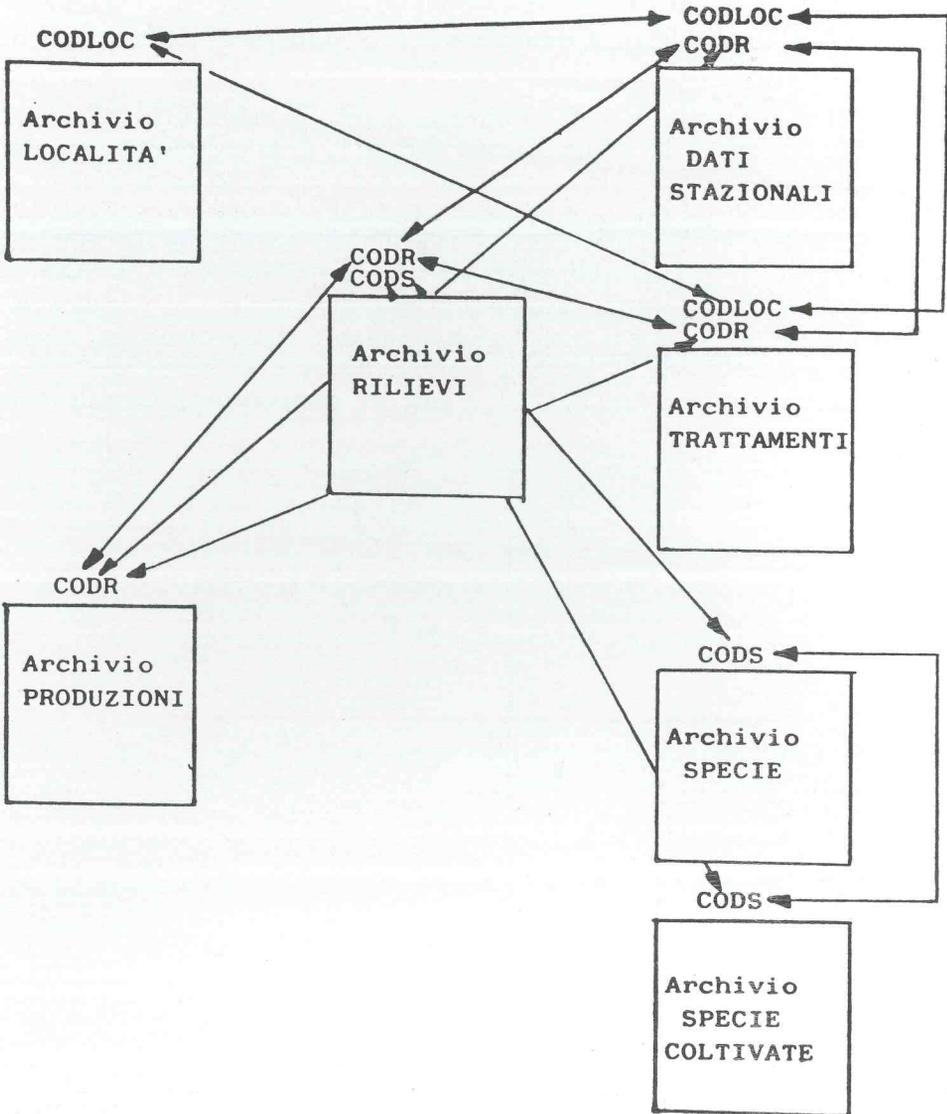


FIG. 5 - Schema delle possibili relazioni incrociate fra gli archivi della banca dati delle foraggere costruita da Scimone, Feoli e Parente (1986). CODLOC = codici località, CODR = codici rilievi della vegetazione, CODS = codici specie.

tivariata di Lagonegro e Feoli (1985) ed i programmi di analisi multivariata stessi, sviluppato da M. Scimone (ined.) usando il Data Base III, viene presentato nelle Figure 6, 7 ed 8. Le domande a cui ho voluto rispondere, a titolo di esempio, impiegando i metodi che hanno prodotto le tre figure sono le seguenti:

- 1) Nei boschi considerati, c'è correlazione tra corologia e fattori ambientali?
- 2) Nei boschi considerati, c'è correlazione tra corologia e ricchezza floristica (molteplicità)?

A queste domande si può rispondere in diversi modi, fra i tanti, per rispondere alla prima, ho scelto di usare il metodo della correlazione canonica (programma CORRECAN). Il metodo è stato applicato considerando le prime tre componenti principali (programma COPRI1) della matrice dei dati corologici e le prime tre componenti principali della matrice dei dati ambientali. Senza andare nei dettagli, che sono oggetto di un lavoro in corso di preparazione (Feoli, Ganis & Poldini, in prep.), il grafico di Fig. 6 indica che la correlazione tra i due gruppi di variabili è lineare, il test di Bartlett suggerisce che la correlazione è altamente significativa.

Nel secondo caso ho utilizzato le prime tre componenti principali della

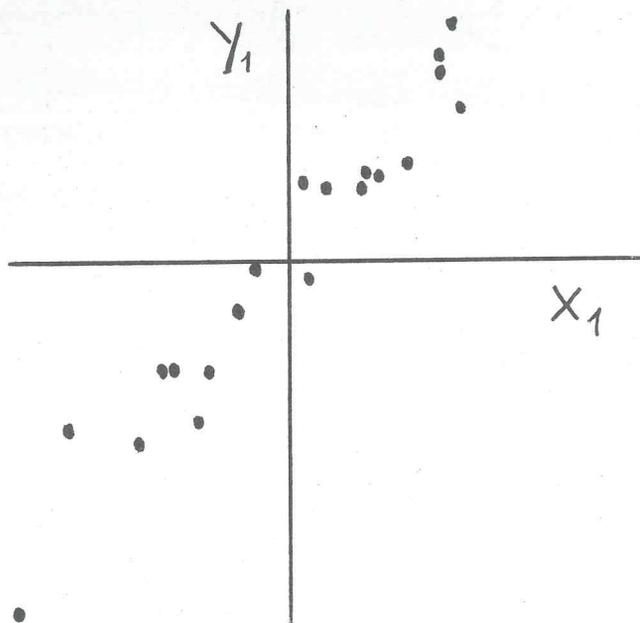


FIG. 6 - Ordinamento dei 20 tipi di vegetazione definiti da Poldini (1982) secondo la prima variabile canonica della matrice delle prime tre componenti principali dei dati ambientali ( $X_1$ ) e la prima variabile canonica della matrice delle prime tre componenti principali dei dati corologici ( $Y_1$ ). Le due variabili canoniche sono state ottenute con il metodo della correlazione canonica.

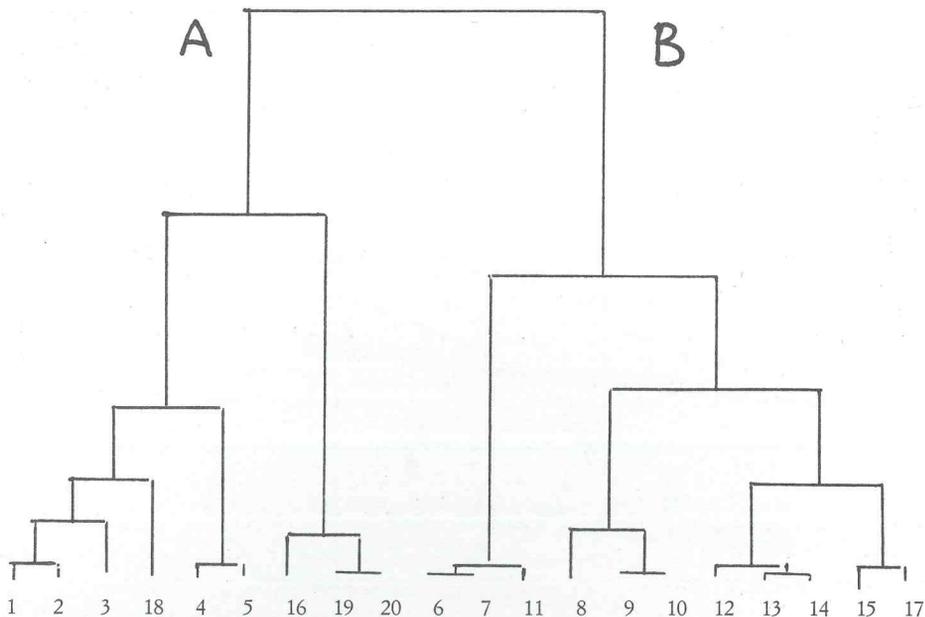


FIG. 7 - Classificazione gerarchica dei 20 tipi di vegetazione definiti da Poldini (1982) secondo il metodo della «sum of squares agglomeration» sulla base dei dati corologici. Sono evidenti due gruppi principali di tipi (A, B).

tabella dei dati corologici per ottenere una classificazione automatica dei 20 tipi con il metodo della «sum of squares» (programma CLUSSA) basato sulla distanza geodetica (programma DISTANZE). Il dendrogramma risultante è presentato in Fig. 7. Questo dendrogramma mette in evidenza l'esistenza di due gruppi principali di tipi di vegetazione che si possono caratterizzare con determinati elementi corologici: nel gruppo a) sono significativamente più frequenti le specie stenomediterranee, le subatlantiche e le sudilliriche; nel gruppo b) sono più frequenti le specie europee, le eurasiatiche, le circumboreali e le cosmopolite. Per valutare la significatività delle differenze si è impiegato il programma TISTUDENT. In Fig. 8 viene presentato l'ordinamento dei 20 tipi di vegetazione sulla base della prima componente principale della matrice dei dati corologici e del numero di specie totale per tipo di vegetazione. La correlazione tra le due variabili risulta lineare in modo significativo (programma REGLIN). Poiché la prima componente principale ha correlazione lineare significativamente positiva con le eurasiatiche, le europee, le eurosiberiane, le circumboreali e le cosmopolite e correlazione significativamente negativa con le stenomediterranee, le paleosubtropicali e le sudilliriche, possiamo concludere che c'è una evidente correlazione tra elementi corologici e molteplicità della flora dei tipi di vegetazione. La Fig. 8 mette in evidenza, con la tecnica dell'ellisse di equiconcentrazione (programma ELLI-PLOT, si veda Daboni, 1967 per la descrizione della tecnica), che il gruppo

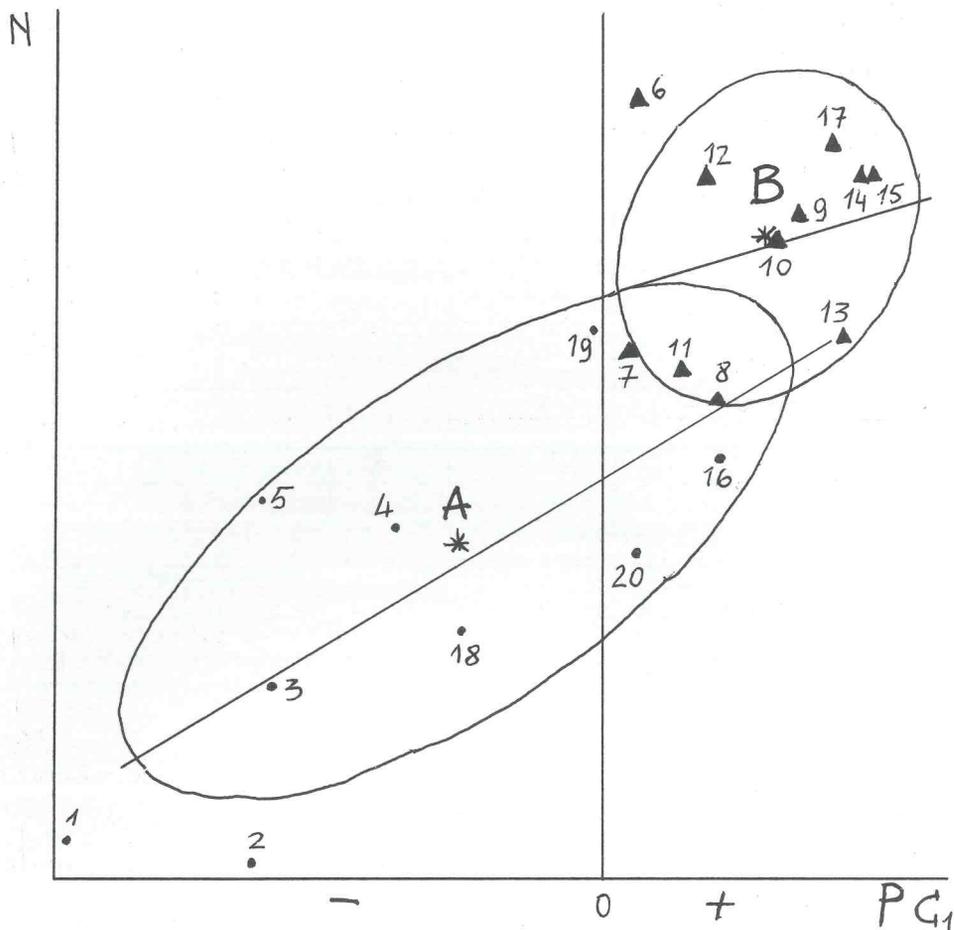


FIG. 8 - Ordinamento degli stessi tipi di vegetazione di Figg. 6 e 7 dato dalla prima componente principale dei dati corologici ( $PC_1$ ) e dal numero di specie totale per tipo (N). Le ellissi di equiconcentrazione, corrispondenti al livello del 5%, sono costruite intorno al baricentro del numero di specie del gruppo A e del gruppo B (asterischi).

di tipi b) ha un numero di specie significativamente superiore al gruppo a). Il sistema consente anche di dimostrare in modo diretto, che la molteplicità floristica dei boschi considerati ha correlazione significativamente positiva con l'umidità e significativamente negativa con la temperatura (programma REGLIN). Si può concludere a questo punto che, nella regione considerata, sono relativamente poche le specie a gravitazione meridionale che vanno a costituire la foresta, mentre ve ne sono molte a gravitazione settentrionale. Inoltre si può prevedere come, con l'aumento dell'umidità e la diminuzione della temperatura, le specie a gravitazione meridionale tendano a scomparire dalle comunità forestali. Il programma REGLIN, consente di quantificare il fenomeno nei dettagli. L'impiego del sistema informativo costruito da M.

Scimone, ha consentito di rispondere facilmente e velocemente alle domande poste. Oggi questo tipo di sistema, sebbene ancora poco usato nella biogeografia, sembra possa essere superato od efficacemente migliorato, con l'impiego di nuovi strumenti che l'informatica mette a disposizione. Mi riferisco ai sistemi esperti ed alle tecniche dell'intelligenza artificiale di cui posso citare solo i lavori divulgativi in Longo (1985), dato che non ho esperienza diretta sul loro uso, ed alcuni lavori inediti di Noble (1985, a,b), che è il primo a fare applicazioni nel campo dell'ecologia vegetale. Anche i sistemi esperti sono composti da un data base, ma a differenza del sistema informativo prima presentato, che utilizza metodi di analisi dati (classificazione ed ordinamento automatici), sono costituiti da un insieme di regole logiche, basate sulle conoscenze dell'utente, e da un software in grado di combinare le regole logiche per ottenere delle deduzioni logiche. La sperimentazione dei sistemi esperti e di altre tecniche dell'intelligenza artificiale, e la loro integrazione con gli strumenti già a disposizione, aprono un altro capitolo della biogeografia quantitativa che deve venir esplorato per verificare se, ed in che modo, può contribuire allo sviluppo della biogeografia.

#### BIBLIOGRAFIA

- ABRAMS P., (1983) - *The theory of limiting similarity* - Ann. Rev. Ecol. Syst., **14**, 359-376.
- ALLKIN R., BISBY F.A., (1984) - *Databases in Systematics* - Academic Press., London, New York.
- ANZALDI C., MIRRI PASSERINI L., (1979) - *Un esperimento di strutturazione di dati floristici e vegetazionali* - , Pubblicazioni IAC. Serie 3, n. 195. Roma.
- ASHBY W.R., (1971) - *Introduzione alla cibernetica* - , Einaudi, Torino.
- ASHTON TATE, (1985) - *dBASE III* - .
- AUSTIN M.P., (1985) - *Continuum concept, ordination methods, and niche theory* - Ann. Rev. Ecol. Syst., **16**, 39-61.
- BOX E.O., (1981) - *Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modeling in Phytogeography* - Junk, The Hague, Boston.
- BRILL R.C., ESTABROOK G.F., (1984) - *Management of almost flat files in systematic biology using TAXIR* - in: Allkin R. & Bisby F.A. 1984 (eds.) *Databases in Systematics*. Academic Press, London, New York.
- CODY M.L., DIAMOND J.M. (eds.), (1975) - *Ecology and Evolution of Communities* - The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Ma, London.
- CROVELLO T.J., (1981) - *Quantitative Biogeography: An Overview* - Taxon, **30**, 563-575.
- DABONI L., (1967) - *Calcolo delle probabilità* - Boringhieri, Torino.
- ENDLER J., (1977) - *Geographic variation, speciation and clines* - Princeton University Press, New Jersey.
- ESTABROOK G.F., BRILL R.C., (1969) - *The theory of the TAXIR accessioner* - Mathem. Biosc., **5**, 327-340.
- FEOLI E., (1984) - *Some aspects of classification and ordination of vegetation data in perspective* - Studia Geobot., **4**, 7-21.
- FEOLI E., GANIS P., (1984) - *On the application of numerical and computer methods in plant taxonomy and plant geography: an integrated information system for data banking and numerical classifications and ordinations* - Webbia, **38**, 165-184.
- FEOLI E., GANIS P., (1985) - *Comparison of floristic vegetation types by multiway contingency tables. An example of application of an integrated information system to some beech wood types of the Apennines* - Abstracta Botanica, **9**, 1-15.
- FEOLI E., LAGONEGRO M., (1982) - *Syntaxonomical analysis of beech woods in the Apennines (Italy) using the program package IAHOPA* - Vegetatio, **50**, 129-173.
- FEOLI E., SCIMONE M., (1984) - *Hierarchical diversity: An application to broad-leaved woods of the Apennines* - Giorn. Bot. Ital., **118**, 1-15.
- FEOLI E., LAGONEGRO M., ZAMPAR A., (1982) - *Classificazione ed ordinamento della vegetazione. Metodi e programmi di calcolo* - CNR-AQ/5/35. Udine.
- FEOLI CHIAPELLA L., FEOLI E., (1983) - *Predizione ambientale basata su flore locali. Un esempio di applicazione della banca dati TAXIR* - in: Ferrari et al. (eds.), *Le comunità vegetali come indicatori ambientali*. Studi e Documentazioni, **30**, 111-131, Bologna.

- FUNK V.A., BROOKS D.R., (1981) - *Advances in Cladistics* - Proceedings of the First Meeting of the Willy Henning Society. The New York Botanical Garden, Bronx, New York.
- GANIS P., (1985) - *FUSAF: Manuale per l'uso di programmi a integrazione della banca dati SBAFT* - Quaderni GEADEQ, n. 2. Università, Trieste.
- GATTO M., (1985) - *Introduzione all'ecologia delle popolazioni* - CLUP, Milano.
- GAUCH H.G. JR., (1982) - *Multivariate Analysis in Community Ecology* - Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- GOODALL D.W., (1970) - *Studying the effects of environmental factors on ecosystems* - In: Reichle D.E. (ed.), *Analysis of temperate forest ecosystems*. Springer-Verlag, pp. 19-29. Berlin.
- GREIG-SMITH P., (1983) - *Quantitative Plant Ecology* - Blackwell, Boston, London.
- HARPER J.L., (1982) - *After description* - in: Newman E.I. (ed.), *The plant community as a working mechanism*, Blackwell, London.
- HURLBERT S.H., (1981) - *A gentle depilation of the niche: Dicean resource sets in resource hyperspace* - in: May R.M. (ed.), *Evolutionary Theory*, 5, 177-184. The University of Chicago Press, Chicago.
- JACCARD P., (1901) - *Distribution de la Flore Alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques Regions voisines* - Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 37, 241-272.
- JARDINE N., (1972) - *Computational methods in the study of plant distributions* - in: Valentine D.H. (ed.), *Taxonomy, Phytogeography and Evolution*, pp. 381-393. Academic Press, London, New York.
- JUHASZ-NAGY P., PODANI J., (1983) - *Information theory methods for the study of spatial processes and succession* - *Vegetatio*, 51, 129-140.
- LAGONEGRO M., (1985) - *SBAFT: software per banche dati di flore territoriali (con listings in FORTRAN 77 per Olivetti M20 ed M24 operanti sotto MS-DOS)* - Quaderni GEADEQ, n. 1, Università, Trieste.
- LAGONEGRO M., FEOLI E., (1984) - *THREE-PACKAGES for classification and ordination of multivariate data* - Libreria Goliardica, Trieste.
- LAGONEGRO M., FEOLI E., (1985) - *Analisi multivariata di dati. Manuale d'uso di programmi BASIC per personal computers* - Libreria Goliardica, Trieste.
- LAGONEGRO M., GANIS P., FEOLI E., POLDINI L., CANAVESE T., (1982) - *Un software per banche dati di flore territoriali, estendibile alla vegetazione* - CNR-AQ/5/38. Udine.
- LEPSCHY A. (ed.), (1980) - *Applicazioni di modellistica in ecologia e biologia* - CLUP, Milano.
- LIETH H., (1975) - *Primary productivity in ecosystems: comparative analysis of global patterns* - in: van Dobben W.H. & Lowe-McConnell R.H. (eds.), *Unifying Concepts in Ecology*, pp. 67-88. Junk, The Hague.
- LONGO G. (ed.), (1985) - *Intelligenza artificiale* - Le Scienze, n. 25, Milano.
- MACARTHUR R.H., (1972) - *Geographical ecology. Patterns in the distribution of species* - Harper & Row, New York, London.
- MAY R.M., (1974) - *Stability and Complexity in Model Ecosystems* - Princeton Univ. Press, New Jersey.
- MAY R.M. (ed.), (1981) - *Theoretical ecology. Principles and applications* - 2nd ed. Blackwell, London, Boston.
- MATESSI C., (1980) - *Teoria della nicchia ecologica* - in: Lepschy A. (ed.), *Applicazioni di modellistica in Ecologia e Biologia*, CLUP, Milano.
- MCLEAN R.C., IVIMEY-COOK W.R., (1973) - *Textbook of Theoretical Botany* - Longman, London.
- NELSON G., (1984) - *Cladistics and Biogeography* - in: Duncan T. & Stwessy T.F., *Cladistics: Perspectives on the Reconstruction of Evolutionary History*, Columbia University Press, New York.
- NELSON G., PLATNICK N., (1981) - *Systematics and Biogeography. Cladistics and vicariance* - Columbia University Press, New York.
- NIE *et al.* (eds), (1975) - *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* - McGraw-Hill, New York.
- NOBLE I., (1985a) - *The role of expert systems in vegetation science* - (manoscritto).
- NOBLE I., (1985b) - *Fire effects, vital attributes and expert systems* - in: Walker, J., Davis, J.R. & Gill, A.M. (eds.), *Towards an expert system for fire management at Kakadu National Park*. CSIRO Div. Water and Land Resources Tech. Mem. 85/2. pp. 96-103, CSIRO, Canberra.
- ORLOCI L., (1978) - *Multivariate analysis in vegetation research* - 2nd ed. Junk, The Hague.
- PIANKA E.R., (1981) - *Competition and niche theory* - in: May R.M. (ed.), *Theoretical Ecology*, pp. 167-196. Blackwell, London, Boston.
- PIELOU E.C., (1975) - *Ecological Diversity* - Wiley, New York.
- PODANI J., (1984a) - *Spatial processes in the analysis of vegetation. Theory and review* - Acta Bot. Hung., 30, 75-118.
- PODANI J., (1984b) - *Analysis of mapped and simulated vegetation patterns by means of computerized sampling techniques* - Acta Bot. Hung., 30, 403-425.
- POLDINI L., (1982) - *Ostrya carpinifolia rich woods and bushes of Friuli Venezia-Giulia (NE-Italy) and neighbouring territories* - *Studia Geobotanica*, 2, 69-122.
- POLDINI L., VIDALI M., (1986) - *Die Anwendung einer Datenbank für die pflanzengeographische Gliederung eines Gebietes* - in: Reichl E. R. «Computers in Biogeography», Trauner Verlag, Linz.
- PIGNATTI S., (1982) - *Flora d'Italia* - Calderini, Bologna.

- SALT G.W., (1983) - *Ecology and evolutionary biology. A round table of research* - The University of Chicago Press, Chicago, London.
- SCIMONE M., FEOLI E., PARENTE G., (1986) - *La banca dati sulle foraggere nella programmazione delle aree marginali* - Atti Convegno Fattori di marginalità e sviluppo nell'economia montana, Barcis (Udine), 1985.
- STOTT P., (1981) - *Historical plant geography* - G. Allen & Unwin, London, Boston.
- ULLMAN J.D., (1982) - *Principles of data bases system* - Computer Science Press, Rockville, Maryland.
- USHER M.B., WILLIAMSON M.H., (1974) - *Ecological stability* - Chapman & Hall, London.
- VALENTINE D.H., (1972) - *Taxonomy Phytogeography and Evolution* - Academic Press, London, New York.
- WALTER H., (1979) - *Vegetation of the Earth and ecological systems of the Geo-biosphere* - Springer-Verlag, New York.
- WESTHOFF V., MAAREL VAN DER E., (1978) - *The Braun-Blanquet approach* - in: Whittaker, R.H. (ed.), Classification of plant communities, pp. 287-399, Junk, The Hague.
- WIENER N., (1953) - *Introduzione alla cibernetica* - Boringhieri, Torino.
- WILDI O., (1986) - *The relational model for data bases in community studies* - *Coenoses*, **1**, 29-34.
- WILLIAMS C.B., (1964) - *Patterns in the balance of nature and related problems in quantitative ecology* - Academic Press, London.