

CARMINE MARINUCCI - VINCENZO PICCIONE - LUIGI SALEMI

STRUMENTI D'INDAGINE MESOCLIMATICA: DISTANZA EUCLIDEA E CLUSTER ANALYSIS

La soluzione di un problema passa attraverso l'uso di strumenti atti al caso. I problemi, nel caso in questione, sono del tipo:

- sistemazione idrogeologica di un bacino (di contenute dimensioni);
- razionalizzazione culturale di vallate, ecc.;
- programmazione delle attività di comunità montane;
- instabilità dei versanti.

Gli strumenti di indagine climatologica disponibili appartengono alla micro- o macroclimatologia. Ma, a ben vedere, la scala su cui operano è troppo grande o troppo piccola, risultando essi inadatti nell'ambito di una dimensione stimabile fra 100 e 10.000 km², dimensione colmata dalla *mesoclimatologia*, nuova area della climatologia per la quale sono in corso intensi studi metodologici e applicativi.

Per la posizione centrale che la mesoclimatologia assume nella scala delle grandezze climatiche, risulta basilare delimitare in modo oggettivo le aree mesoclimatiche omogenee. Gli strumenti adoperati sono: *distanze euclidee* e *analisi spettrali*.

Analizziamo il primo in quanto alcune applicazioni riscontrabili in letteratura devono farci riflettere ed invitarci alla prudenza. Ad esempio la distanza euclidea applicata ad n parametri (temperatura, pluviometria, giorni piovosi, ecc.), come si evince in alcuni studi (Rosini e altri, 1974), è, sì, una distanza climatica, ma con quali rischi! Rivediamo, pertanto, la nota formula, scoprendo le insidie di un uso improprio.

DISTANZA CLIMATICA: LO STRUMENTO DISTANZE EUCLIDEE. — Dati m campioni climatici derivati, caratterizzati da n parametri numerici, a ciascuno di essi si può associare, in uno spazio n -dimensionale, un punto avente come coordinate i parametri stessi. Qualora si voglia effettuare il riporto grafico dei punti trovati, la conformazione planare del foglio non consente una loro reale collocazione già per $n = 3$; all'aumentare di n la rappresentazione grafica diventa assolutamente impossibile.

Nasce così l'esigenza di reperire un metodo che, rispettando la collocazione spaziale n -dimensionale, consenta di ottenere, sotto forma numerica di facile

lettura, le informazioni, racchiuse nelle coordinate dei punti. A tale scopo, si può utilizzare la nota formula delle distanze euclidee:

$$d(A, B) = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} \quad [1]$$

dove

A e B sono due punti rappresentanti, nello spazio n -dimensionale, due campioni climatici;

$d(A, B)$, è la distanza fra i punti;

$a_1, a_2, \dots, a_n$ e $b_1, b_2, \dots, b_n$ sono le coordinate dei punti A e B e corrispondono ai parametri numerici che individuano due campioni climatici.

I parametri sopra riportati, assunti come coordinate di punti in uno spazio n -dimensionale, consentono una rigorosa analisi geometrica che, risultando scevra da criteri di soggettività, vive una sua validità assoluta ed universale. Ma ciò, purtroppo, non si traduce in una facile risoluzione di tutte le problematiche legate allo studio del bioclimate. Si consideri, a tale proposito, il seguente esempio, meramente teorico.

Date tre stazioni meteorologiche α, β, γ alle quali siano assegnate temperature medie annue (T) e pluviometrie medie annue (P) tali che:

$$\alpha \begin{cases} T = 20^\circ\text{C} \\ P = 500 \text{ mm} \end{cases} \quad \beta \begin{cases} T = 60^\circ\text{C} \\ P = 500 \text{ mm} \end{cases} \quad \gamma \begin{cases} T = 20^\circ\text{C} \\ P = 540 \text{ mm} \end{cases}$$

ed interpretando T e P come coordinate in uno spazio bidimensionale, alle tre stazioni si possono associare i seguenti punti:

$$A \equiv (20, 500) \quad B \equiv (60, 500) \quad C \equiv (20, 540)$$

Calcolando

$d(A, B)$ e $d(A, C)$ tramite la [1] si avrà:

$$\begin{aligned} d(A, B) &= \sqrt{(20-60)^2 + (500-500)^2} = \sqrt{1600} = 40 \\ d(A, C) &= \sqrt{(20-20)^2 + (500-540)^2} = \sqrt{1600} = 40 \end{aligned}$$

La lettura dei valori numerici ottenuti porterebbe a considerare le stazioni β e γ equidistanti da α . In effetti ciò non corrisponde al vero.

Esaminando la stazione β salta subito all'attenzione l'alto ed inaccettabile valore della temperatura media annua; ne consegue che la significatività dell'intera stazione viene a cadere.

La stazione γ è invece caratterizzata da un valore termometrico possibile, uguale a quello di α , e da un valore pluviometrico il cui scarto, rispetto a quello di α , in termini assoluti di 40 unità, è uguale alla differenza letta fra i valori termometrici di α e β .

Ora, mentre un simile scarto nella pluviometria è accettabile, e consente una vicinanza geografica, lo stesso scarto nella termometria colloca B rispetto ad A alla medesima distanza geometrica di C , ma in effetti, per la possibilità pressoché nulla che si verifichino le condizioni climatiche di β , tale stazione, se esiste, dista da α qualche anno luce.

Alla luce di quanto evidenziato, si intravedono le tre seguenti possibilità di soluzione.

Operare delle conversioni. Ecco quindi la necessità di determinare una o più scale di conversione che consentano il bilanciamento dei parametri del campione servendosi di tutti, ed in egual misura, i loro valori caratteristici. La scelta di una simile scala di conversione consentirebbe inoltre di interfacciare parametri e coordinate.

Un noto esempio di letteratura è il *diagramma termoudometrico*, sia nella rappresentazione di Bagnouls e Gaussen (1957), sia in quella di Walter e Lieth (1960), che adotta, per l'appunto, un rapporto 1 : 2 (a volte 1 : 3) fra pluviometria e termometria.

La scelta di una scala di conversione implica, in ultima analisi, il ridimensionamento di tutte le informazioni riferite al campione esaminato. Si rileva, però, l'impossibilità di tale conversione per quanto concerne i dati intrinseci dei parametri quali, ad esempio, il tipo di unità di misura ed il valore qualitativo di alcuni di essi, salvo ottenere risultati non del tutto raffrontabili.

Operare la normalizzazione. E' questa la soluzione adottata da Rosini e altri (1974) al fine di eludere la differenza di unità di misura. Tuttavia, si riscontrano due limitazioni:

- perdita dell'informazione dovuta alla compressione dell'intervallo in cui opera la variabile;
- dipendenza del valore dal campione considerato. Infatti la variabile normalizzata è funzione della media e dello scarto quadratico medio, che cambiano al variare del numero dei campioni.

Ricercare nuovi parametri che eludono la differenza di unità di misura. In atto gli autori del presente articolo stanno sperimentando uno strumento che sembra soddisfare i requisiti richiesti: il *bilancio idrico*. Esso ha il pregio di eludere la differenza di misura tra termometria e pluviometria, pur non perdendo il messaggio dato dalla termometria, in quanto conservato nel concetto di termoefficienza della evapotraspirazione potenziale e, conseguentemente, dell'evapotraspirazione reale, del deficit e del surplus.

AREE MESOCLIMATICHE OMOGENEE: LO STRUMENTO DELLA «CLUSTER ANALYSIS». — Con l'estensione dell'uso degli elaboratori elettronici, si è assistito a uno sviluppo considerevole di tecniche statistico-matematiche che vanno sotto il nome di analisi dei gruppi (*cluster analysis*) e che trovano ampia applicazione nei più svariati campi della ricerca. Queste tecniche consentono di formare gruppi omogenei (detti «grappoli» o *cluster*) di oggetti sulla base dei caratteri che li individuano.

L'origine, e il conseguente sviluppo, delle tecniche di *cluster analysis* trovano una naturale logica d'essere nella necessità dell'uomo di classificare, su basi obiettive, gli oggetti che lo circondano. Il processo mentale porta l'uomo a produrre classificazioni con il buon senso e l'intuizione; la *cluster analysis* fa la stessa cosa utilizzando caratteri quantizzabili. La classificazione scaturisce dalla somiglianza tra gli oggetti, e questa viene determinata sulla base delle distanze (1) calcolate tra ogni coppia di punti associati agli oggetti con la formula delle distanze euclidee. Le distanze vengono riportate su una semimatrice triangolare in cui i termini della diagonale principale valgono zero.

(1) Allo scopo possono essere utilizzati gli *indici di similarità*, ma il non decretato successo di un indice sugli altri impedirebbe la produzione di documenti raffrontabili.

La *cluster analysis* opera appunto su questa semimatrice per successive fusioni di elementi e quindi di « grappoli » di elementi, finché un solo « grappolo » li conterrà tutti. La rappresentazione grafica è un diagramma ad albero (*dendrogramma*) in cui l'asse delle ordinate porta la distanza e l'asse delle ascisse gli oggetti. Le linee verticali costituiscono i *cluster*, le orizzontali il livello di fusione. Ad ogni livello corrisponde una partizione che l'operatore potrà scegliere *a priori* (condizione che si ricerca quando il fenomeno è noto e si intende promuovere una comparazione) o *a posteriori*.

Tale analisi ha visto in questi anni una proliferazione di metodi che i testi specialistici dividono in due grandi famiglie: *gerarchici* e *non gerarchici*. Senza dilungarsi sulle differenze, suggeriamo di utilizzare i primi, in quanto hanno il pregio di evitare la predeterminazione del numero dei *cluster* ed inoltre consentono una visione completa dell'insieme degli oggetti.

I metodi gerarchici sono numerosi: la distinzione è normalmente legata al modo in cui viene calcolata la distanza tra un *cluster* generato da una fusione e gli altri. Abbiamo optato per il *metodo del legame singolo*, che in atto gode, per le sue proprietà, del maggiore successo. Ne riportiamo la formula

$$D(X, Y) = \min_{i, k} [d(x_i, y_k)]$$

dove

$D(X, Y)$ = distanza tra i cluster X e Y ;

x_i = elemento generico del cluster X ;

y_k = elemento generico del cluster Y ;

$\min_{i, k} [d(x_i, y_k)]$ = la minima tra le distanze euclidee calcolate al variare di x_i in X e di y_k in Y .

I valori saranno riportati in scala nell'intervallo (0; 1) e i *cluster* risulteranno tanto meno somiglianti quanto più il valore sarà prossimo a zero.

L'apparente semplicità dell'algoritmo nasconde una quantità non indifferente di calcoli, che cresce all'aumentare degli oggetti da classificare e che quindi necessita di un valido supporto: l'elaboratore.

LA CARTA D'ARIDO-UMIDITÀ (AIELLO E ALTRI, 1981). — La carta del gradiente d'arido-umidità è un documento di informazione correlata che trova ampia applicazione nella difesa dell'ambiente, nella pianificazione territoriale, nelle scienze forestali, pedologiche, idrogeologiche, ecc.

Su scala macroclimatica esistono parecchie formule bioclimatiche che consentono di classificare il fenomeno: Lang (1915), de Martonne (1942), Giacobbe (1958), Bagnouls e Gaussen (1957), ecc. Su scala mesoclimatica gli esempi sono, invece, alquanto limitati.

Nello studio di Aiello e altri (1981) è stata implementata una procedura di redazione di carte del gradiente d'arido-umidità che adotta strumenti della mesoclimatologia e opera in un contesto geografico a metà fra micro- e macroclimatologia. Richiamiamo a grandi linee i momenti della procedura, servendoci dell'organigramma di fig. 1.

Fase a). Input:

- dati medi mensili della pioggia (mm);
- dati medi mensili della temperatura (°C);
- dati pedologici;
- dati vegetazionali.

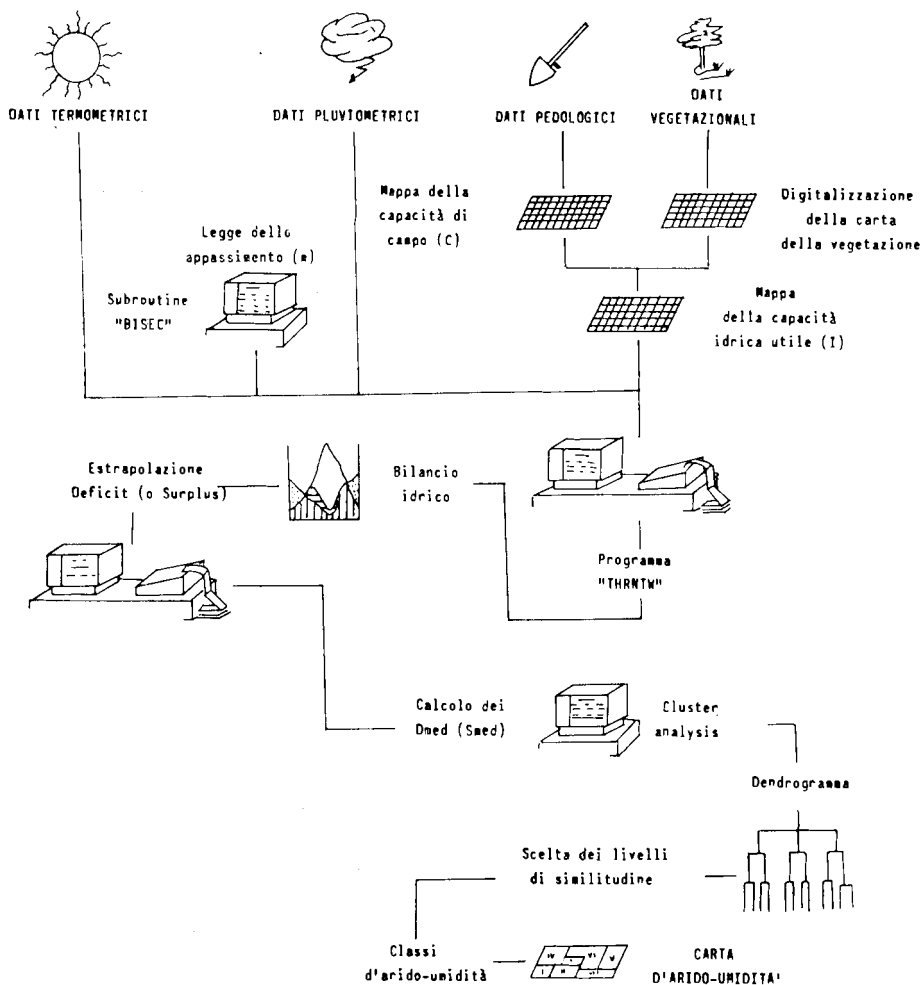


FIG. 1 — ORGANIGRAMMA GENERALE CHE RIPRODUCE I MOMENTI DELLA ELABORAZIONE DELLA CARTA DEL GRADIENTE DI ARIDO-UMIDITA'.

(da Aiello e altri, 1981)

Procedura:

- supposto lo studio di un bacino idrografico su cui insistano più stazioni meteorologiche, queste andranno cartografate col metodo, ad esempio, dei *topoiet* (Tonini, 1966);
- la *carta della vegetazione* viene divisa in maglie la cui dimensione sarà funzione del dettaglio cercato. Successivamente la carta verrà digitalizzata sotto forma di matrice e ad ogni maglia corrisponderà un elemento della matrice (fig. 2);

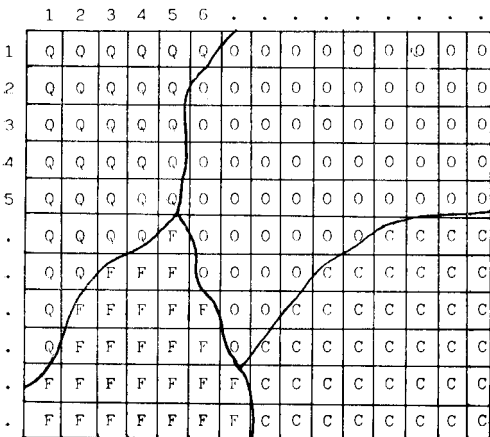


FIG. 2 — ESEMPIO DI CARTA DELLA VEGETAZIONE DIVISA IN MAGLIE, OGNUNA DELLE QUALI RIPORTA LA DIGITALIZZAZIONE DEI CODICI DEI TIPI VEGETAZIONALI.

Le maglie interessate dai limiti sono assegnate al tipo in funzione dell'estensione. Ogni tipo vegetazionale è univocamente individuato da una coppia di numeri che identificano, rispettivamente, la colonna e la riga della matrice (da Aiello e altri, 1981).

C, carpineto; F, faggeta; O, ostrieto;
Q, querceto.

ТАБ. 1

DEFICIT IDRICI MENSILI (D) DI 18 STAZIONI TERMOPLUVIOMETRICHE
INSISTENTI SUL BACINO DELL'ALTO SIMETO (SICILIA)

(da Aureli, 1969)

codice	stazione	altezza (m s.m.)	G	L	A	S	O	anno
01	Adrano	599	98	160	142	71	2	473
02	Ancipa	930	32	127	104	57		320
03	Barrilà	1200		93	85	16		194
04	Biviere	1292		55	67			123
05	Bronte	780	23	118	97	36		274
06	Buffali	1155		111	94	19		224
07	Capizzi	1139	13	120	105	37		275
08	Casa Cantoniera .	1882		81	73	8		162
09	Castagneto Ciano	1130	25	129	102	30		286
10	Centuripe	719	89	160	134	64		447
11	Cerami	1020	25	127	105	42		299
12	Cesarò	1100	6	123	103	31		257
13	Floresta	1250		57	88			145
14	Maletto	950	6	110	96	31		243
15	Maniace	680	23	119	106	37		285
16	Pomiere	1364		111	97	4		212
17	Randazzo	750	28	129	93	39		289
18	Troina	1038	22	131	108	44		305

- la *carta pedologica* subirà la stessa procedura utilizzando il valore della *capacità di campo*;
- ad ogni tipo vegetazionale andrà assegnato un valore che esprime la profondità media dell'apparato radicale;
- il prodotto fra la misura dell'apparato radicale e il valore della capacità di campo produrrà la *capacità idrica utile*.

Fase b). Elaborazione:

- calcolo del *bilancio idrico mensile* (Thornthwaite, 1948 e 1957; Benfratello, 1961) per tutte le *capacità idriche utili* e le stazioni climatiche dell'area;
- estrapolazione dei *surplus* o *deficit idrici* mensili (tab. 1) a seconda del tipo di carta (se di aridità o di umidità);
- calcolo delle *distanze euclidee* tra i punti che rappresentano le maglie (ogni punto è individuato, in uno spazio dodecadimensionale, dai valori dei surplus o dei deficit mensili);
- *cluster analysis* applicata alla semimatrice prodotta dalle distanze euclidee.

Fase c). Output:

- costruzione del *dendrogramma* (fig. 3);
- scelta del numero di *cluster* (id.);
- riporto cartografico adoperando una scala cromatica (fig. 4).

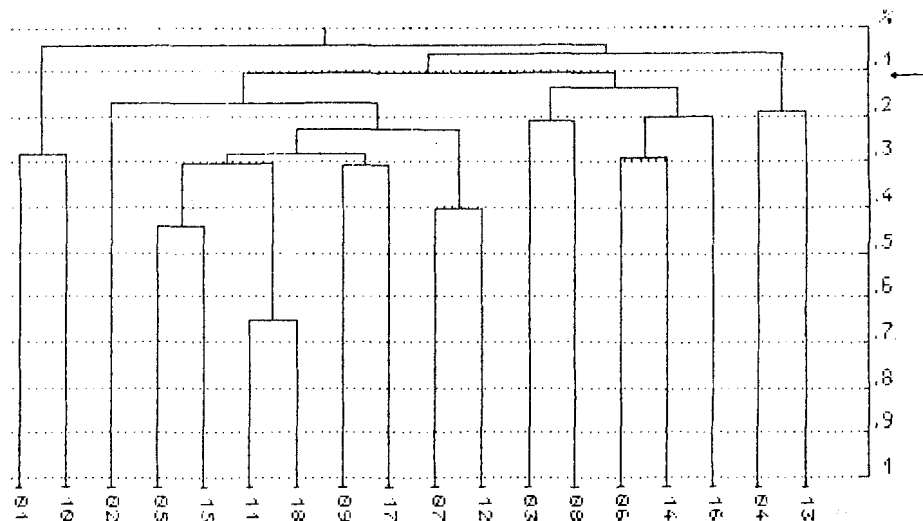


FIG. 3 — DENDROGRAMMA COSTRUITO APPLICANDO LA «CLUSTER ANALYSIS» AI VALORI DELLE DISTANZE EUCLIDEE CALCOLATE SUI DEFICIT IDRICI MENSILI.

Le stazioni sono quelle della tab. 1. Gli AA. hanno operato il «taglio» al livello 0,12, isolando quattro cluster.

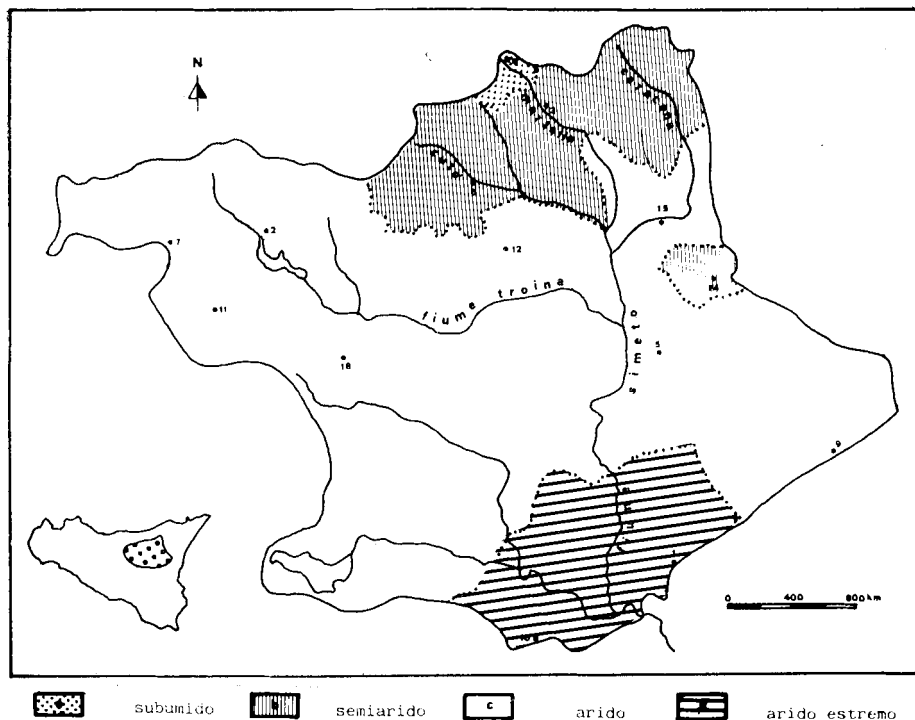


FIG. 4 — RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA DELLE CLASSI DI ARIDITA' RICAVATE DAL DENDROGRAMMA DI FIG. 3.

I valori massimi e minimi di deficit idrico medio annuo, evidenziati nell'ambito di ogni *cluster*, consentono di assegnare un grado di aridità crescente o decrescente.

a: Biviere, Floresta (123-145); b: Barillà, Buffali, Casa Cantoniera, Maletto, Pomie-re (162-243); c: Ancipa, Bronte, Capizzi, Castagneto Ciano, Cerami, Casarò, Maniace, Randazzo, Troina (257-320); d: Adrano, Centuripe (447-473).

CONCLUSIONI. — La cartografia mesoclimatica si avvia a possibilità di sviluppo molto ampie. Già vari esempi sono stati prodotti, con rappresentazione sia di un solo elemento climatico (Bertuletti e Carollo, 1979; Carollo, 1979; Carollo e altri, 1980 e 1981), sia di più elementi (CNRS, 1981).

Il reperimento di dati qualitativamente e quantitativamente migliori, l'ado-zione di strumenti statistico-matematici sempre più fini, la ricerca di una carto-grafia che risponda ai requisiti di chiarezza, ricchezza informativa, simbologie standard, rapidità costruttiva (cartografia automatica) e aggiornamento dinamico (*data base*) saranno gli orientamenti per i quali si attende, nei prossimi anni, un impegno della collettività scientifica.

BIBLIOGRAFIA

- AIELLO M., LO CICERO G., PICCIONE V. e SALEMI L., *Una nuova procedura per la redazione di carte del gradiente d'arido-umidità: I°, metodologia*, in « Geol. Tecnica », Roma, 1981, n. 2, pp. 43-63.
- AURELI A., *Piano generale di bonifica. Relazione generale*, Catania, Consorzio di Bonifica dell'Alto Simeto, 1969.
- BAGNOULS F. e GAUSSEN H., *Les climats biologiques et leur classification*, in « Ann. de Géogr. », Parigi, 1957, pp. 193-220.
- BENFRATELLO G., *Contributo allo studio del bilancio idrologico del terreno agrario*, in « L'Acqua », Palermo, 1961, n. 2, pp. 43-64.
- BERTULETTI C. e CAROLLO A., *Cartografia geologico-ambientale del Bacino del F. Mera (Alpi Centrali). Carta idroclimatica: potenzialità pluviometriche di dodici mesi*, Coll. Progetto Finalizzato « Promozione della qualità dell'ambiente », serie AQ/I/13, Roma, CNR, 1979.
- CAROLLO A., *Redazione di carte idroclimatiche per la gestione del territorio*, in « Atti Conv. Naz. AGEI: Cartografia tematica regionale », Catania, 1979, pp. 131-151.
- ID., CONTARDI F., LIBERA V. e ROLLA A., *Bacino idrografico del Lago Maggiore. Carta delle precipitazioni: regimi ed eventi eccezionali*, Verbania Pallanza, Ist. Ital. Idrobiol., 1980 (scala 1 : 100.000).
- ID., CONTARDI F., LIBERA V. e ROLLA A., *Bacino idrografico del Lago Maggiore. Carta delle precipitazioni: potenzialità pluviometriche di dodici mesi*, Verbania Pallanza, Ist. Ital. Idrobiol., 1981 (scala 1 : 100.000).
- CNRS, ÉQUIPE DE RECHERCHE N. 30, *Dix ans de carte climatologique de la France au 1 : 250.000*, in « Eaux et climats ». *Mélanges géographiques offerts en hommage à Ch. P. Péguy*, Grenoble, 1981, pp. 40-84.
- GIACOBBE A., *Ricerche ecologiche sull'aridità nei paesi del Mediterraneo occidentale*, in « Webbia », Firenze, 1958, n. 14, pp. 81-159.
- LANG R., *Versuch einer exakten Klassifikation der Boden in klimatischer und geologischer Hinsicht*, « Intern. Mitteil. für Bodenkunde », Stoccarda, 1915, n. 5.
- (de) MARTONNE E., *Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité*, in « Ann. de Géogr. », Parigi, 1942, pp. 241-250.
- ROSINI E., MENENTI M. e TREVISAN V., *Concetti e metodi della mesoclimatologia per un contributo alla conoscenza ambientale*, in « Inf. Botan. Ital. », Firenze, 1974, n. 6, pp. 163-170.
- THORNTHWAITE C. W., *An approach toward a rational classification of climate*, in « The Geogr. Rev. », New York, 1948, pp. 55-94.
- ID. e MATHER J. R., *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*, in « Climatology », Centerton (N.Y.), 1957, n. 10.
- TONINI D., *Elementi di Idrografia e Idrologia*, Venezia, Libreria Universitaria, 1966.
- WALTER H. e LIETH H., *Klimadiagram Weltatlas*, Jena, G. Fisher Verlag, 1980.

MEANS OF MESOCLIMATIC INVESTIGATION: EUCLID'S DISTANCES AND CLUSTER ANALYSIS. — The aim of the Authors is to analyse Euclid's distances intended as a means which is commonly used as a climatic distance in the mesoclimatic investigation. Then a digression follows on the cluster analysis, a statistical technique which allows to spot out omogeneous mesoclimatic areas. In the end there is an example of mesoclimatic methodology which, by using the above mentioned means, permits to make dry humidity maps.

Roma, Ufficio del Ministro per il Coordinamento della Ricerca Scientifica e Tecnologica.

Catania, Istituto e Orto Botanico dell'Università.

Catania, IBM.