

Metode statistice cu aplicații în cercetări entomologice (VII)

Gheorghe STAN

Summary

Statistical methods applied in entomological research (VII)

Further on, the paper deals with the study of ecological indices. Especially, the study refers to density (numerical abundance), relative abundance, frequency, constancy and dominance. On the other hand, are studied the measurement of association between species (the contingency table and coefficients of association) the comparison of fauna in space or time (indices of diversity and similarity), and delimitation of insect communities (recurrent groups, Trellis diagram).

INDICII ECOLOGICI

* * *

Motivația acestui studiu a fost făcută la început. Revin, pentru a răspunde, în câteva cuvinte la unele observații, sugestii sau propuneri. De la bun început, "cursul" și-a propus o prezentare cât mai simplă, pe înțelesul tuturor, a diferitelor aspecte în care se pot folosi calcule matematice pentru analiza populațiilor de insecte, cu scopul declarat de a atrage și nu de a spăria pe începători (studenți, biologi, amatori etc). Până la sansa de a lucra efectiv la un computer, fiecare trebuie să stie "cum trebuie să obțină corect datele primare", "ce ar putea să facă" cu datele primare obținute și "de ce se fac" aceste calcule. Departe de a fi un compendiu de teorie ecologică (nici nu ar fi posibil) deoarece aceste date le înșeuște fiecare, ele fiind apoi baza înțelegerei fenomenelor biologice (unde este cazul vor fi și unele explicații suplimentare). Obiectiv, inevitabil există și scăouri, o oarecare diluare a tematicii sau unele probleme insuficient explicate dar, din păcate, și unele scăouri la tehnoredactare. Intenția finală este însă de a ordona logic acest material, a-l profundiza și însoții cu exemple și exerciții, un capitol special dedicat explicării termenilor (logaritmi, puteri, transformări, unități de măsură, funcții, etc), diferite posibilități de ilustrare grafică a datelor, bibliografie, cuprins totul într-o lucrare de sine stătătoare. În acest număr sunt prezentate indicii ecologice iar în următorul "Programe și metode de eșantionare în entomologie, măsurarea dispersiei și estimarea nivelului populațiilor", deși, logic, trebuie invers.

* * *

In literatura de specialitate se folosește mai puțin terminologia de indici ecologici și frecvență - metode de măsurare a asocierii dintre specii, delimitarea comunităților de insecte, compararea, analiza și descrierea comunităților și grupurilor faunistice.

1. Densitatea (Abundența numerică)

Densitatea reprezintă raportarea speciei (populației) la unitatea de suprafață sau volum. Ea poate fi exprimată în 3 situații: numeric (număr de indivizi/unitatea de suprafață), în biomasă (g/m^2 , g/m^3 , g/l) sau energetic (cal/m^2). În ceea ce privește terminologia, densitatea se folosește și în sensul de densitate brută (se referă la întregul spațiu de viață) sau densitate ecologică

(densitatea populației este raportată numai la habitatul caracteristic). Similar, se folosește terminologia de abundență numerică, în studiul majorității unităților sistematice și corespunde cu numărul de indivizi pe unitatea de suprafață sau volum. Acest număr se poate modifica în timp (fluctuații anuale, sezoniere, accidentale) sau în spațiu (de la o biocenoază la alta) și se află sub acțiunea directă sau chiar simultană a factorilor ecologici (biotici și abiotici), a factorilor antropici și a particularităților speciei (dimensiuni, fertilitate, cerințe față de mediu). Efectivul numeric al unei populații influențează repartitia spațială, structura pe sexe, vârste sau dimensiuni, deci evoluția în ecosistem. Din acest punct de vedere, estimarea abundenței este importantă pentru marcarea rolului și ponderii speciei în ecosistemul respectiv și chiar pentru posibilitatea de predicție.

Abundența se exprimă deci în nr. indivizi/m², m³, l, ha etc., în funcție de situație și specie. Fiecare cercetător își pune la punct metoda de eșantionaj, pentru grupul său, iar în funcție de aceasta adoptă și adaptează metoda de apreciere a abundenței. Deosebit de importante sunt biologia și comportamentul fiecărei specii, stadiul de evoluție, mărimea populației, natura biotopului, scopul cercetării, etc. O eșantionare corectă (detalii în numărul următor) este dependentă de specie, metodă, perioadă, durată, număr optim de probe, repetiții, etc. Se pune un accent așa de mare pe metoda de sampling deoarece estimarea abundenței este implicit legată de evaluarea nivelului real al populației în câmp. Din punct de vedere practic și al eficienței cercetării, este bine de reținut că cele două noțiuni trebuie abordate simultan (în realitate cei mai mulți cercetători estimatează abundența și pe baza acestor date reprezintă dinamica, fără a urmări creșterea populației și estimarea populației absolute, parametrii extrem de importanți mai ales din punct de vedere aplicativ, în elaborarea modelelor predictive, tendința evolutivă în timp și spațiu, monitoring sau combatere).

Îată doar câteva aspecte ce trebuie să stea în atenția cercetătorului:

a. dacă se extrag insecte inferioare (ex. colembole) din sol, probele se iau cu sonde speciale. Din cantitatea de sol extras, la un volum cunoscut se extrag și se numără indivizii (eventual se încadrează în grupe de vîrstă, sexe). Numărul obținut se raportează apoi la volumul de sol, sau la o anumita suprafață;

b. pentru insecte superioare, există metode diferite, în funcție de grup dar și de stadiu (capcane Barber, capcane luminoase, capcane adezive, capcane-bandă, capcane alimentare, plase, rame). Aprecierea corectă a abundenței numerice este dificilă, fiind absolut necesar să se cunoască modelele de distribuție a populațiilor și comportamentul, mai ales cel locomotor (de zbor);

- insectele bune zburătoare (capturate în capcane luminoase sau feromonale) se estimatează, eventual, la unități mari de suprafață (ha), sau la unități mai mici (ca de ex. în cazul unor specii monofage strict dependente de o anumită plantă gazdă), lucrând cu valori medii (media indivizilor/capcană/zi); aceste valori pot fi obținute pe o anumită perioadă de timp sau pe întreaga durată de viață, în funcție de durata perioadei de sampling);

- insectele slab zburătoare sau dominant cu mobilitate redusă (capturate prin alte metode, frecvent capcanele Barber) pot avea abundența estimată la unități mici de suprafață;

- pentru ambele categorii de mai sus reamintim că abundența poate fi estimată prin metoda liniei transect sau metoda captură-marcare-lansare-recaptură.

Frecvent, analog cu situația din botanică, pe baza datelor obținute, se utilizează *clasele de abundență*. Acestea se pot fixa în două feluri: (a). se stabilesc cele 5 clase (0 - absent; I - rar; II - destul de rar; III - abundant; IV - foarte abundant) iar în funcție de calitatea biocenozei sau ecosistemului, materialul biologic eșantionat se poate încadra relativ în aceste clase, după o clasificare artificială sau calculată; (b). clasele se stabilesc în funcție de valorile obținute în eșantionaj și asociat cu calitatea biocenozelor; acestea se pot chiar și vizualiza prin simboluri și reprezentare grafică.

2. Abundența relativă.

Reprezintă exprimarea în procente (%) sau în probabilități, a participării fiecărei specii în populația sau biocenoza studiată. Se estimatează după relația:

$$A_r = \frac{n}{N} \cdot 100$$

(n = numărul de indivizi ai speciei A, găsiți în probă sau probele luate; N = numărul total de indivizi, ai tuturor speciilor, din probă sau probele luate).

Nefiind de fel ușor în a aprecia abundența insectelor, se folosește frecvență, și în acest caz, metoda botanică a claselor de abundență, marcate prin semne convenționale (Fig. 17).

Dacă autorul se rezumă numai la valorile inițiale obținute, acestea vor fi introduse în tabele sau, mai corect, în grafice, concepute căt mai sugestiv (câteva exemple sunt sugerate în Fig. 18, 19, 20).

3. Frecvență.

Reprezintă % de indivizi ai unei specii în raport cu numarul total de indivizi. Ea poate fi calculată și pentru o probă sau mai multe probe, extrase dintr-o populație sau o biocenoază. Altfel spus, frecvența reprezintă proporția în care o specie apare într-un anumit număr de probe. Se calculează după relația:

$$f = \frac{N_i}{N_t} \quad \text{ca probabilitate}$$

sau

$$f = \frac{N_i}{N_t} \cdot 100 \quad \text{procentual}$$

(N_i - numărul de indivizi ai speciei A; N_t - numărul total al indivizilor tuturor speciilor)

Prin prelucrarea datelor se vor alcătuiri apoi *histograme de frecvență* care vizualizează situația dintr-o biocenoază, comparativ cu altele. În aceste situații se stabilesc relații între frecvența generală - frecvență absolută - frecvență relativă, după exemplul din Tabelul 11. Se întâlnesc 3 situații distincte:

- în biocenoază, speciile care o alcătuiesc sunt puțin numeroase și frecvențele lor sunt diferite;

- speciile din biocenoază sunt reprezentate mai mult sau mai puțin egal, iar frecvențele lor sunt asemănătoare;

- una sau mai multe specii sunt numeroase, ele alcătuind cea mai mare parte a faunei, deci frecvențele vor apărea foarte asimetrice.

Tabelul 11.

Reprezentarea ipotetică a unui tip de relație între frecvența generală, frecvența absolută și frecvența relativă

Frecvență generală	Frecvență absolută (nr. exemplare/m ²)	Frecvență relativă
exemplare izolate	1 - 10	1
ex. foarte rare	11 - 15	2
ex. rare	16 - 20	3
ex. destul de frecvente	21 - 50	4
ex. frecvente	51 - 100	5
ex. foarte frecvente (dezvoltare excesivă, în masă)	101 - 500	6
	> 500	7

Fig. 17. Exemplu ipotetic de stabilire și reprezentare prin semne convenționale a claselor de abundență.

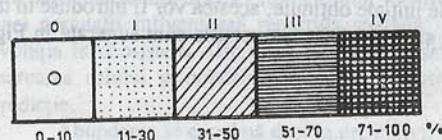


Fig. 18. Abundența larvelor de *M. brassicae* într-o cultură de varză în zona Cluj (1989; VI-X) și abundența relativă a pontelor

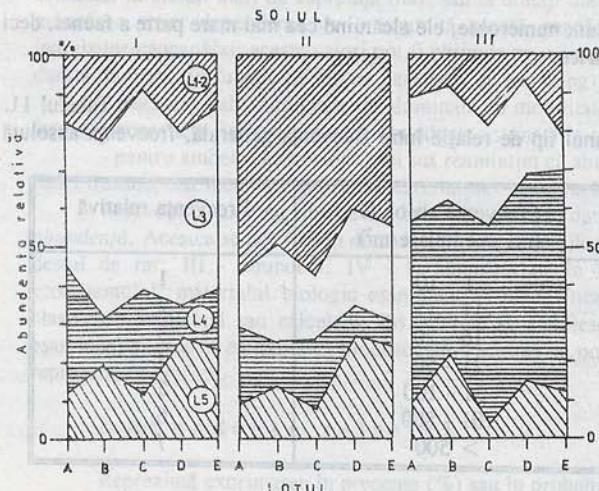
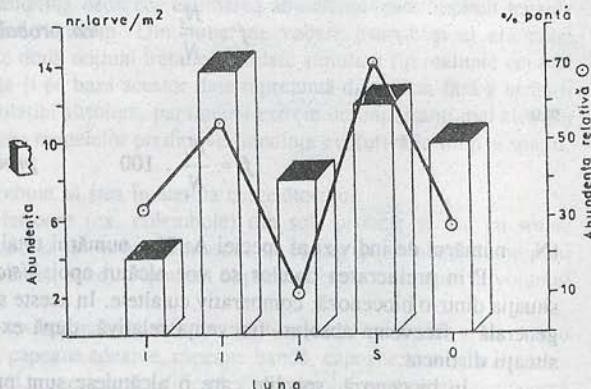


Fig. 19. Reprezentarea schematică a abundenței relative, pe vârste, a larvelor de *M. brassicae* în cultura de varză (3 soiuri de *Brassica oleracea*) în 5 loturi experimentale din zona Cluj (F.H. Someșenii; sept. 1988).

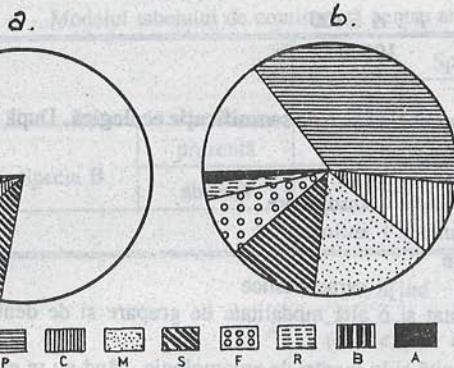


Fig. 20. Model de reprezentare a abundenței relative a mușcăilor de *M. brassicae*, capturați în capcanele feromonale, într-o cultură de legume din lotul F. Someșeni (a) și lotul experimental Florești (b), în funcție de tipul plantei de cultură în care s-au pus capcanele (5 cap./var.; 1988)

4. Constantă.

Este legată de prezența speciei în una sau mai multe biocoenoze, deci ea este evaluată în funcție de valorile frecvenței și estimată după relația:

$$c = \frac{p}{P} \cdot 100$$

[p = nr. relevări (eșantioane, probe) cu specia A prezentă; P = numărul total de relevări (eșantioane, probe) luate].

In funcție de valoarea lui c s-au stabilit 4 categorii de specii:

- $c < 25\%$ = specii accidentale
- $c = 225,1 - 50\%$ = specii accesori
- $c = 50,1 - 75\%$ = specii constante
- $c > 75\%$ = specii euconstante.

(în botanică există 5 clase și este puțin diferit).

5. Dominanță

Exprimă influența exercitată de o specie într-o comunitate sau se mai spune că dominanța evidențiază rolul speciei în transportul materiei și energiei în ecosistemul studiat. Dacă abundența speciei = densitatea, atunci dominanță = suprafață ocupată. Deci, dominanță este o noțiune care nu poate fi evaluată cantitativ. Dominanța se poate exprima în interiorul unui grup de organisme sau se raportează la o întreagă biocoenoză. Se poate spune că dominanța se confundă cu abundența, dar sunt situații când o specie poate fi puțin abundantă însă exercită o influență mare în biocoenoză și invers, o specie este abundantă, dar influența ei este redusă.

Deși nu poate fi evaluată direct, cantitativ, dominanța poate fi ilustrată cu ajutorul unor indici:

a. indicele Naughthon & Wolf

$$i_d = \frac{A_1 + A_2}{A}$$

[A_1 - specia cu abundență (densitatea) cea mai mare; A_2 - specia cu abundență (densitatea) mare care urmează imediat în ordine descrescătoare; A - abundența (densitatea) totală].

Cu acest indice se lucrează ușor, folosind abundența. Este un indice în relație inversă cu indicele de diversitate ($i_d <$, rezultă diversitate $>$).

b. indicele D z u b a

$$W = \frac{F \cdot A \cdot 100}{10000}$$

(f = frecvență; A = abundență)

După unii autori, acest indice este numit și **indice de semnificație ecologică**. După valorile lui W s-au stabilit următoarele clase:

$W < 0,1\%$	= specii subprecedente
$W = 0,1-1\%$	= specii recedente
$W = 1,1-5\%$	= specii subdominante
$W = 5,1-10\%$	= specii dominante
$W > 10\%$	= specii eudominante

însojitoare

influente

caracteristice

Pe coloana a doua am mai prezentat și o altă modalitate de grupare și de denumire a claselor.

c. este o situație mai rară, dar întâlnită și în lucrări de entomologie, când nu se estimează valoarea unui indice, însă dominantei i-se acordă cifre (inclusiv vizualizare prin semne convenționale) în funcție de gradul de acoperire al unui teritoriu. Această "acoperire" se estimează mai ușor la specii de insecte cu capacitate locomotoare redusă, dar se poate echivala și după valoarea abundenței:

+ - acoperire foarte redusă	sau	0,1% (după abundență)
1 - acoperire redusă	sau	< 5%
2 - acoperire < 1/4	sau	< 20%
3 - acoperire > 1/4 - < 1/2	sau	> 20% - < 40%
4 - acoperire > 1/2 - < 3/4	sau	> 40% - < 80%
5 - acoperire > 3/4	sau	> 80%.

* * *

Indicii și metodele care vor fi descrise în continuare pot fi folosite atât în cercetarea autecologică cât și în cea sinecologică.

**Măsurarea asociației dintre specii, compararea faunei
în spațiu și timp și delimitarea comunităților de insecte**

In multe tipuri de lucrări ecologice este necesar de a analiza și a exprima cantitativ, gradul de asociere dintre specii. Măsura de asociere dintre specii poate fi folosită ca un pas inițial în delimitarea comunităților. Apoi, în cercetările de ecologie este necesar de a compara frecvența faunei din două habitate. În această situație pot apărea aspecte diferite: a) speciile din eșantioanele din două asemenea biotopuri pot să fie aceleași, dar probele fiind de mărimi diferite nu este posibilă o comparare; b) chiar dacă probele sunt de aceeași mărime, este dificil în a spune dacă diferențele apărute sunt datorate șansei sau sunt reale; c) în alte situații, în asemenea comparări trebuieținut cont de modificările din compozitia faunei, pe o anumită perioadă de timp, în același habitat, asociat cu succesiunea naturală sau cu influența omului. Baza tuturor comparărilor în aceste situații este de a presupune că *proporția dintre numărul de specii (S) și numărul de indivizi (N) este un parametru caracteristic al faunei habitatului respectiv*.

A. Indici ai analizei distribuției speciilor în probe

Între diferite specii există o asociere biologică evidentă, dar este la fel de corect a spune că aceasta nu diferă semnificativ de o asociație care este datorată șansei și deci nu implică necesar vreo relație interspecifică.

a. **Tabelul de contingență** (Tabelul 12). Distribuția este analizată aici cel mai bine cu testul χ^2 (chi pătrat) iar semnificația valorii poate fi determinată din Tabelul valorilor lui χ^2 . **Explicație.** $|ad - bc|$ (în ecuație) înseamnă plasarea termenilor în forma pozitivă (dacă $ad > bc$ este asociere pozitivă, adică afinitate; dacă $bc > ab$, asocierea este negativă, adică repulsie).

Modelul tabelului de contingensi pentru analiza distribuției cu testul χ^2

		Specia A		
		prezentă	absentă	
Specia B	prezentă	a	b	a + b
	absentă	c	d	c + d
		a + c	b + d	a + b + c + d = n

$$\chi^2 = \frac{n[|ad - bc| - \frac{n}{2}]^2}{(a + c)(b + d)(a + b)(c + d)}$$

b. Coeficientul de contingensi al patratului mediilor. Se estimează prin relația:

$$C_{AB} = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \chi^2}}$$

(C_{AB} = coeficientul de asociere între speciile A și B; n = numărul total de ocazii; χ^2 = valoare estimată ca la punctul anterior).

c. Coeficientul YULE. Are la bază relația:

$$C_{AB} = \frac{ad - bc}{ad + bc}$$

d. Coeficientul de asociere interspecifică. Există 3 relații în funcție de 3 situații:

- $ad \geq bc$

$$C_{AB} = \frac{ad - bc}{(a + b)(b + d)} \pm \sqrt{\frac{(a + c)(c + d)}{n(a + b)(b + d)}}$$

- $bc > ad; d \geq a$

$$C_{AB} = \frac{ad - bc}{(a + b)(a + c)} \pm \sqrt{\frac{(b + d)(c + d)}{n(a + b)(a + c)}}$$

- $bc > ad; a > d$

$$C_{AB} = \frac{ad - bc}{(b + d)(c + d)} \pm \sqrt{\frac{(a + b)(a + d)}{n(b + d)(c + d)}}$$

e. Coeficientul de asociere interspecifică parțială. În acest caz, speciile A și B sunt întotdeauna comparate în prezență și în absență speciei C (care poate fi o altă specie sau chiar un factor de mediu). Cu datele, se constituie un tabel de contingensi (Tab. 13, din două părți).

B. Indicele de afinitate

Este un indice foarte important în cercetările ecologice. El reprezintă gradul de apropiere dintre specii. Există mai multe modalități sub care este abordat acest indice.

a. Pentru a învinge unele aspecte dificile legate de utilizarea relațiilor de mai sus și mai

Tabelul 13.

Modul de calcul și tabelul de contingență pentru evaluarea coeficientului de asociere interspecifică parțială (date din SOUTHWOOD 1966)

- Tabelul 13, partea I-a:

Coeficientul	x	Valoarea coeficientului	
		x > 0	x < 0
C _{AB} . C +	$\frac{a_1 d_1 - b_1 c_1}{N_{C+}}$	$\frac{x}{z^2 + x}$	$\frac{x}{z_1 - x}$
C _{AB} . B +	$\frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{N_{B+}}$	"	"
C _{AB} . A +	$\frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{N_{A+}}$	"	"
C _{AB} . C -	$\frac{a_2 d_2 - b_2 c_2}{N_{C-}}$	$\frac{x}{z_1 + x}$	$\frac{x}{z_2 - x}$
C _{AB} . B -	$\frac{b_1 d_2 - d_2 c_1}{N_{B-}}$	"	"
C _{AB} . A -	$\frac{c_1 d_2 - c_2 d_1}{N_{A-}}$	"	"

ales când se consideră habitate heterogene, s-a folosit un indice de afinitate (FABER 1957) care se referă la probabilitățile legăturilor evidențiate între cele două specii și suma proporției lor:

$$J_{AB} = \frac{2J}{nA + nB}$$

(I_{AB} = indicele de afinitate; J = numărul de legături ce au loc între cele două specii (numărul de probe în care cele două specii sunt prezente împreună; nA = numărul de prezențe ale speciei A; nB = nr. prezențe ale speciei B)

Sub această formă, indicele de afinitate este o măsură a frecvenței cu care speciile apar împreună. Probele în care speciile sunt absente, se exclud din calcule. Autorul dă următorul tabel de semnificație (Tabelul 14). Semnificația poate fi testată și pentru diferite valori intermedii de proporția simplă (nB/nA):

Ex. nA = 25; nB = 35 deci nB/nA = 1,4

Valoarea minimă semnificativă pentru J ($J_{min,s}$) poate fi estimată astfel:

- în tabel, valoarea nA = 25 este între 20 și 30;

- raportul nB/nA = 1,4 este între 1,0 și 1,5;

- Tabelul 13, partea II-a:

		C+				C-		N _C
		B+	B-			B+	B-	
A+	a ₁	b ₁	N _{C+}	A+	A-	a ₂	b ₂	N _C
	c ₁	d ₁				c ₂	d ₂	
	B+					B-		N _B
	C+	C-	N _{B+}	A+	A-	C+	C-	
A+	a ₁	a ₂		A+	A-	b ₁	b ₂	N _B
	c ₁	c ₂				d ₁	d ₂	
	A+					A-		N _A
	C+	C-	N _{A+}	B+	B-	C+	C-	
B+	a ₁	a ₂		B+	B-	c ₁	c ₂	N _A
	b ₁	b ₂				d ₁	d ₂	

(z₁ = oricare din a₁ ori d₁ ori b₁ ori c₁; z₂ = oricare din b₁ ori c₂ ori a₂ ori d₂)

- în calcule intră deci valorile 14 cu 19 și 16 cu 22;

$$J_{\min,s} = 16 + \frac{22 - 16}{2} - \frac{1}{5}[(16 + \frac{22 - 16}{2}) - (14 + \frac{19 - 14}{2})] = 18,5$$

Pentru alte valori, se aplică testul "t" după relația:

$$t = \left[\frac{(nA + nB)(2J - 1)}{2nAnB} - 1 \right] \sqrt{nA + nB - 1}$$

În final se compară valoarea calculată cu cea teoretică (din tabel)

b. O altă modalitate de calcul a afinității, când se face referire tot la specii, este metoda **grupelor recurente** (repetate periodic) (FAGER 1957). Este o măsură de asociere dintre diferite specii (sau chiar toate speciile dacă ele nu sunt prea numeroase) realizată prin delimitări calitative. Grupul recurrent trebuie să satisfacă următoarele condiții:

(*) dovedă pentru afinitate este semnificativă la P=0,05, pentru toate perechile de specii din cadrul grupului;

(**) grupul recurrent include cel mai mare număr posibil de specii;

(***) dacă se obțin mai multe grupe, cu același număr de membrii, se vor selecta în ordine descrescătoare grupele care au **cel mai mare număr de membrii** (specii) **necomuni**;

(****) dacă totuși, două sau mai multe grupe au același număr de **membri în comun**, atunci va fi aleasă cea care apare ca o unitate distinctă în cel mai mare număr de probe (chiar dacă are un număr necomun mai mic de membri; atenție la exemplul dat, deoarece este cu un asemenea caz)

Exemplu: Are loc samplingul (eșantionarea), determinarea speciilor și numărarea individizilor. Pentru a fi analizate două căte două pe principiul "fiecare cu fiecare", se alcătuiește un tabel de tipul celui de mai jos (Tabelul 15)

Se constată că speciile sunt aranjate în ordinea descrescătoare a numărului de afinități. În continuare se procedează în felul următor:

(1) - pe verticală, de sus în jos, se caută numărul speciei care, ca valoare absoluă în tabel, depășește numărul de afinități totale (în tabel aceasta este specia 8 (h) = x cu 6 afinități (y);

Tabelul 14.

Valorile minime ale lui J care sunt semnificative la un nivel de 5% (FAGER 1957)

nA	nB / nA		
	1.0	1.5	2.0
5	5	5	-
6	6	6	6
7	7	7	7
8	7	8	8
9	8	9	9
10	14	16	17
20	19	22	24
30	25	29	32
40	29	35	39
50	36	42	46
60	41	48	53
70	46	55	59
80	52	61	67
90	57	67	74
100			

(2) - dacă $x \leq y+2$ cel mai larg grup recurrent va conține potențial $x-1$ specii (la noi, x (valoare = 8), este egal cu y (valoare = 6) + 2;

(3) - se formează un nou grup de Z membrii din acest prim grup potențial de V membrii (deci cel care are 8 membrii); *cel puțin Z dintre aceștia, trebuie să aibă Z-2 afinități cu alții ai grupului potențial inițial* (concret spus: cel puțin 7 să aibă 5 (7-2) afinități). Conform exemplului din tabel, dacă procedăm în acest fel, avem:

Specii	a	b	c	d	e	f	g	h	V = 8
Afinități	7	6	6	6	4	4	4	5	Z = 7

Vedem însă că sunt numai 4 specii cu mai mult de 5 afinități, deci *în acest caz nu se poate forma un grup de 7 membrii* (dacă într-un alt exemplu se poate, acela va fi grupul recurrent și nuse mai fac operațiunile de la punctul (4);

(4) - dacă testul este însă negativ (aşa cum am arătat mai sus) se va lua $Z =$ cu un membru **mai puțin decât în cazul precedent** (deci $Z = 6$) și se adaugă în continuare, în tabel, la următoarele specii care au $Z-1$ afinități; se observă că în situația aceasta sunt speciile i și j care au în tabel 5 afinități (deci exact $Z-1 = 6-1 = 5$). În acest caz s-a format un nou grup care are 10 specii, și se face suma afinitășilor comune pentru acestea, obținând:

Specii	a.	b	c	d	e	f	g	h	i	j	V = 10
Afinități	9	7	8	8	5	5	4	5	5	4	Z = 6

Conform principiului de la (3) ("cel puțin Z specii să aibă Z-2 afinități"), cum $Z=6$, se observă că acum sunt 8 specii cu peste 4 afinități.

Urmează partea a doua a testului:

(5) - pentru a asigura cerința (*) se respectă, pentru a forma un grup de Z membrii de la un grup de V membrii potențiali, trebuie menținută următoarea inegalitate:

$$(V-1)(2Z-V) < 1 + \Sigma Z_{A>} - \Sigma Z_r$$

($Z_{A>} =$ afinitășile cele mai mari; $Z_r =$ restul afinitășilor). Conform exemplului avem:

$$(10-1)(2.6 - 10) < 1 + (9+8+8+7+5+5) - (5+5+4+4) \text{ (deci } 18 < 25\text{);}$$

(6) - în continuare se elimină acele specii care nu au mai mult de Z-2 afinități (în cazul Tabelul 15.

Afinitatea între perechi de specii, bazat pe semnificația maximului de legături comune (J) (vezi Tabelul 14) (+ = afinitate semnificativă)

Nr. sp. (x)	SPEC (y)	SPECIILE												Număr afinități (y)		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m		
1	a	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	12
2	b	+	+		+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	9
3	c	+	+		+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	8
4	d	+	+	+	+		+	+	+	+	+	-	+	-	-	9
5	e	+	+	+	+	+		-	-	+	-	+	-	+	+	8
6	f	+	-	+	-	-		+	+	-	+	-	+	+	-	7
7	g	+	+	-	+	-	+		-	-	-	+	+	+	-	7
8	h	+	+	+	+	-	+	-		-	-	-	-	+	-	6
9	i	+	+	+	+	+	-	-		+	-	-	-	-	-	5
10	j	+	-	+	+	-	+	-	-		+	-	-	+	-	5
11	k	+	+	+	-	+	-	-	-	-		+	-	-	-	4
12	l	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-		+	-	-	4
13	m	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+		-	-	4
14	n	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-		-	4
15	o	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-		3

nostru, speciile g și j) și se repetă sistemul de tabulare:

Specii	a	b	c	d	e	f	h	i	V = 8
Afinități	7	6	7	6	5	3	5	5	Z = 6

(7) - din nou se elimină speciile care nu au mai mult de Z-2 afinități (deci specia f); se repetă operația de tabulare:

Speciile	a	b	c	d	e	h	i	V = 7
Afinități	6	6	6	6	5	4	5	Z = 6

(8) - aceeași operație (în acest caz - specia h):

Speciile	a	b	c	d	e	i	V = 6
Afinități	5	5	5	5	5	5	Z = 6

(9) - se va ține cont acum de inegalitatea de la pct. (5). Deci: $(V - 1)(2Z - V) < 1 +$

$\Sigma Z_{A>} - \Sigma Z_r$; după înlocuire: $(6-1)(2.6 - 6) < 1 + (5+5+5+5+5+5) - 0$; deci $30 < 31$. Conform rezultatului, **grupul recurrent va fi alcătuit din speciile a,b,c,d,e,i.**

(10) - examinăm speciile rămase și neincluse în grup, eliminând pe acele care au afinități cu **grupul** (prin semnul + comun); în exemplul dat, speciile k și o sunt asociate cu grupul (au toate afinitățile cu specii din grup);

(11) - în continuare se face următorul raționament: se iau în considerare speciile care au mai rămas (f,g,h,j,k,l,m,n,o); conform principiului (***) , căutăm să formăm grupuri din cele 9 specii (deci sun posibile grupe de 3 specii); se pleacă de la specia cu numărul cel mai mare de afinități în tabelul inițial (f) și se formează grupe de căte 3, cu numărul cel mai mare de afinități comune, dar realizând o ordine descrescătoare a numărului total de afinități; pentru înțelegere corectă, datele se includ în următorul tabel:

Grupul de specii	Afinități comune (nr)	Afinități necomune (nr)	Total afinități (nr)
f + g + m	6	12	18
f + g + n	5	13	18
f + h + n	6	17	17
f + j + n	4	16	16
g + l + m	6	15	15

In tabelul de mai sus, după principiul (***), grupele cu cel mai mare nr. de membrii necomuni ar fi fhn și fjn (17, respectiv 16); se poate observa ușor că intră însă în joc și ultima grupă (glm) pentru că la un număr mare de afinități necomune are 6 afinități comune cu grupa fhn;

(12) - în faza următoare se ia în considerare principiul (****) și sunt alese grupele fhn și glm (ultima grupă are la bază 21 de probe, față de fjn cu 20 probe);

(13) - Deci în final avem: grupul principal cu cele 6 specii (abcdei), speciile k și o asociate la acest grup (vezi la (10)), celelalte două grupe (fhn și glm), mai lipsește specia j din tabelul inițial. Specia j are 3 afinități comune (+) cu grupul principal iar restul de două afinități sunt cu speciile f și n. In acest caz, specia j are o poziție cu afinitate între grupul principal și grupul fhn.

(14) - Pe baza ultimelor afirmații se poate elabora următoarea schemă logică (Fig. 21). Din schemă putem spune că cele 3 grupări principale marchează 3 comunități de specii, în fiecare, speciile fiind asociate pe bază de afinitate comună.

c. **Diagrama Trellis.** Metoda de lucru cu **indicele de afinitate F a g e r** este mai grea iar recent nu se lucrează cu ea. In acest caz, pentru estimarea afinității se folosește o modalitate mai rentabilă, cu ajutorul **indicelui Jaccard**:

$$J = \frac{c}{a + b - c} \quad \text{sau} \quad J = \frac{c}{a + b - c} \cdot 100$$

Precizare. Relația adeverată pentru indicele Jaccard, este prima. In acest caz se obțin valorile exprimate ca probabilitate. Am dat și varianta de lucru mult întâlnită, după care se obțin valorile procentuale. Precizarea de aici este valabilă și pentru alți indici descriși în continuare.

In ceea ce privește utilizarea indicelui Jaccard, există două situații:

- se analizează speciile dintre diferite biotopuri și atunci: a = numărul de probe cu specia A; b = numărul de probe cu specia B; c = numărul de probe având comune speciile A și B);
- se analizează afinitatea indivizilor speciilor din același habitat și atunci: a = numărul de indivizi ai speciei A; b = numărul de indivizi ai speciei B; c = numărul total comun al indivizilor celor două specii în probă (probele) luate.

Să considerăm un exemplu din prima variantă, situație în care rezultatele obținute pentru

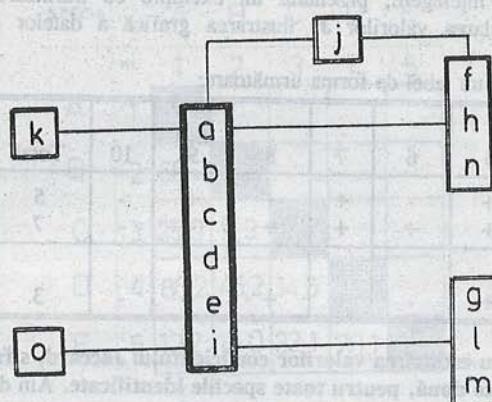


Fig. 21. Reprezentarea grafică a metodei grupului recurrent (FAGER 1957) pentru evidențierea afinității dintre diferite specii (model ipotetic realizat pe baza exemplului dat în text)

J, la nivelul speciilor analizate în urma eșantionajului, sunt interpretate prin valoarea **indiceului de probabilitate (p)**:

$$p = \frac{a \cdot b}{n}$$

(a și b - au aceeași semnificație ca în relația / 108 /; n = numărul total de probe luate).

Valoarea acestui indice se compară cu valoarea lui J (exprimată în probabilitate).

Exemplu. a = 9; b = 6; c = 4 și n = 11

$$J = 4/(9+6-4) = 4/11 = 0,36$$

$$J = 0,36$$

$$p = (9 \cdot 6)/11 = 4,909$$

$$p = 4,909$$

In funcție de cel două valori, se discută afinitatea. Dacă:

- p < c - speciile se exclud

- p = c = speciile coexistă întâmplător

- p > c = speciile coexistă

In cazul nostru p > c, deci speciile coexistă.

In continuare se aplică relația pentru testul χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{n^3(c \cdot p)^2}{(a \cdot b)(n - a)(n - b)}$$

Inlocuind și efectuând toate calculele obținem:

$$\chi^2 = 950,36$$

Interpretare. IntWi se cauta în Tabelul valorilor lui χ^2 în dreptul lui n (în cazul nostru n = 11). Deci, pentru n = 11, la P=0,05, χ^2 teoretic = 3,81, iar pentru n = 11 și P=0,01, avem χ^2 teoretic = 6,64.

Dacă: χ^2 calculat > χ^2 teoretic (empiric), speciile sunt coexistente

Pentru exemplul nostru, la ambele praguri de asigurare, $950,36 > 3,81$, respectiv 6,64.

deci χ^2 calculat > χ^2 teoretic; deci speciile coexistă.

In continuare se trece efectiv la etapele de obținere a diagramelor Trellis. Coeficienții de afinitate obținuți în urma calculelor, se grupează în clase de valori, fiecare clasă primind un semn convențional. Cel mai frecvent se apelează la 5 clase: 0-10%, 10-30%, 30-50%, 50-70%, > 70%.

Exemplu. Pentru o și mai bună înțelegere, prezentăm un exemplu cu irarhizarea operațiunilor succesive de lucru în calcularea valorilor J, ilustrarea grafică a datelor și interpretarea.

(1). Sirul de date se organizează într-un tabel de forma următoare:

Specia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Specia A	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	5
Specia B	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	7
Probe cu A+B	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	3

$$n=10; a=5; b=7; c=3$$

Se înțelege că toate calculele pentru estimarea valorilor coeficientului Jaccard, s'fac după regula "fiecare cu fiecare", două câte două, pentru toate speciile identificate. Am dat doar modul de organizare al tabelului pentru primele două specii. Luăm în continuare un caz cu 5 specii.

(2). Se aranjează specile în ordinea descrescătoare a valorilor indicelui de dominanță (W).

(3). Se calculează și se listează toate valorile indicelui J accard.

(4). Se alcătuiește o matrice, de forma unui patrat, care se împarte, prin linii transversale și verticale, în patrate mai mici, pe fiecare latură, numărul fiind egal cu numărul total de specii determinante. Apoi se scrie și denumirea speciei sau se codifica cu un simbol, cifră sau literă. Pe diagonala stânga-dreapta și sus-jos, a patratului vor fi punctele de intersecție pentru fiecare specie cu ea însăși deci se va marca cel mai frecvent cu negru (în multe situații, din motive de reproducere grafică, se poate alege alt semn convențional, dar care nu trebuie să se confundă cu cei pentru clasele de valori). Prin această diagonală, patratul se va împărtăji în două triunghiuri dreptunghice. În colțul (triunghiul dreptunghic) stânga-jos, în patratele mici, conform intersecțiilor dintre specii, se vor trece valorile coeficientului Jaccard, corespunzător fiecărei combinații (Fig. 22). În triunghiul dreptunghic opus vor fi trecute semnele convenționale alese de noi, când am grupat valorile pe clase de valori. (Frecvent însă, cei care lucrau cu aceste modele iau un triunghi convenabil, în el aranjează valorile și apoi în același triunghi vor aranja și semnele convenționale (Fig. 23).

(5). Această formă cu semne convenționale poate rămâne așa. Dar, cel mai frecvent, ea este doar o etapă de lucru. Cercetătorul va lua triunghiul dreptunghic cu valorile indicelui Jaccard și prin permute sucesive se procedează la o "tragere" a valorilor mari spre ipotenuză și o grupare a lor (când sunt multe specii, operațiunea este dificilă pentru începători, ea implicând o anumită logică), astfel că pe marginea catetelor triunghiului ordinea cifrelor sau a literelor care simbolizează speciile, va fi alta (vezi comparativ Fig. 22 și Fig. 23). Aceste operațiuni de grupare permit să se sesizeze mult mai ușor apropierea dintre diferite specii (eventuale alte detalii în alcătuirea matricei de similaritate, în studiul similarității).

d. Indicele de asociere. Este tot un indice de afinitate care evidențiază proporția indivizilor ce apar împreună. Relația este:

$$I_a = 2 \left(\frac{C}{A + B} - 0.5 \right)$$

(C = nr. indivizi ai speciilor A și B în probele unde cele două specii se află împreună; A = nr. total de indivizi ai speciei A, în toate probele; B = nr. total de indivizi ai speciei B, în toate probele; valoarea 0,5 indică o poziție pe un interval -1 = neasociere și +1 = asociere totală).

înălțimea și grosimea trunchiului, înălțimea și grosimea frunzelor, de
lungimea normală. De asemenea, mărimea și grosimea rădăcinilor sunt în amănunte
de determinantele speciale ale solului și climatului, dar și de altă lăstărișă.
Din punct de vedere al vîrstelor, se observă că vîrstă
se menține la o vîrstă constantă.

SPECIA	A	B	C	D	E
Nr.	1	2	3	4	5
A	1				
B	2	60,2			
C	3	25,0	9,3		
D	4	80,2	45,2	14,5	
E	5	12,2	18,0	32,1	70,1

G. Diferențierea

Fig. 22. Reprezentarea primei etape în construcția matricei pentru prelucrarea datelor privind afinitatea speciilor (exemplu cu 5 specii captureate în capcane feromonale într-un ecosistem natural - păsune-fânăț, zona Cluj, 1993; STAN, nepubl.)

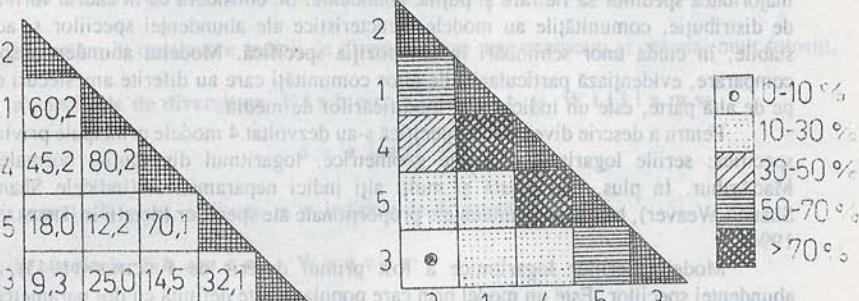


Fig. 23. Etapa a două de lucru la nivelul matricei: permutarea datelor și stabilirea claselor cu semnele convenționale de reprezentare grafică

C. Fidelitatea

Este o altă caracteristică ce nu poate fi evaluată cantitativ. Ea exprimă intensitatea cu care o specie este afiliată la o biocenoză. Se disting 4 grupe importante:

- a. **specii indiferente.** Pot exista în mai multe biocoze, indiferent de situație, deci sunt specii cu valență ecologică ridicată (se numesc și specii **ubiviste**).
- b. **specii străine.** Apar accidental într-o biocenoză și nu aparțin la aceasta.
- c. **specii preferențiale.** Există în mai multe biocoze asemănătoare, sau mai corect, sunt mai abundente în unele decât în altele.

d. specii caracteristice. Sunt exclusive unei biocoene sau asociații, sau sunt mai abundente în una decât în altele.

Ca o caracteristică generală, într-o biocoenoză sunt mai puține specii caracteristice, decât preferențiale sau străine, în schimb, numărul indivizilor este mai mare la speciile caracteristice, comparativ cu celelalte două.

D. Diversitatea

Se referă la bogăția în specii a unei biocoene. Indicele de diversitate permite să se compare două biocoene, atunci când numărul de indivizi, recoltați din fiecare dintre ele, este foarte diferit. Unii cercetători consideră indicele de diversitate ca "otrăducere cifrată a principiului biocenotic nr. 1 al lui Thiemann" (când condițiile de mediu sunt favorabile, se găsesc multe specii și fiecare dintre ele este reprezentată printr-un număr mic de indivizi, deci indicele de diversitate este mare; în condiții nefavorabile există un număr mic de specii, dar fiecare are un număr mare de indivizi, deci indicele de diversitate este mic). Gradul de diversitate al speciilor, oferă posibilitatea cunoașterii și evoluției comunității, întrimp și spațiu.

Simplist, în sens elementar, diversitatea înseamnă numărul de specii dintr-o anumită zonă. Unii autori mai includ însă și un alt aspect foarte important: uniformitatea speciilor (echitabilitatea). În unele studii de dată foarte recentă (THOMAS & THOMAS 1994), făcute la studiul fluturilor nocturni dintr-un singur ecosistem, pe baza capturilor cu capcana luminoasă, diversitatea este folosită în sensul de **număr de specii și abundența lor relativă**. Aceasta a fost de fapt și o direcție acceptată anterior (MAGURRAN 1988). Fie că se ia cazul acesta, fie alte grupe de insecte, nici o comunitate de specii nu are abundențe egale și apare ca foarte normal ca majoritatea speciilor să fie rare și puține abundente. Se consideră că în cadrul formelor generale de distribuție, comunitățile au modele caracteristice ale abundenței speciilor și acestea rămân stabile, în ciuda unor schimbări în compozitia specifică. Modelul abundenței speciilor, prin comparare, evidențiază particularitățile altor comunități care au diferite amestecuri de specii, iar pe de altă parte, este un indicator al modificărilor de mediu.

Pentru a descrie diversitatea specifică s-au dezvoltat 4 modele principale privind abundența specifică: seriile logaritmice, seriile geometrice, logaritmul distribuției normale și modelul MacArthur. În plus, mai există și mulți alți indici neparametриci (indicele Shanon, indicele Shanon-Weaver), bazări pe abundențele proporționale ale speciilor (detalii în THOMAS & THOMAS 1994).

Modelul seriilor logaritmice a fost primul descris de FISCHER (1943) ca model al abundenței speciilor. Este un model prin care populația este definită cu doi parametri: x și α (x - este pentru probele caracteristice și variază cu mărimea probei fiind în funcție de media numărului de indivizi/specie; α - este independent de mărimea probei și caracterizează calitatea populației; referitor la α , autorul a sugerat la început, ca acesta să fie folosit ca o măsură a bogăției în specii, atunci când se compară probele; ulterior WILLIAMS (1943) a sugerat să fie cunoscut ca indice de diversitate al comunității; după aceea, termenul a fost aplicabil și la alte funcții).

Fără a intra în prea multe amănunte, acestea fiind găsite în lucrările de specialitate, pentru înțelegere amintim doar că modelul seriilor logaritmice este derivat de la doi termeni statistici: $S =$ numărul total de specii; $N =$ numărul total de indivizi și există o serie defrecvenție discontinuă cu un infinit număr de termeni:

$$n_1, \frac{n_1 \cdot x}{2}, \frac{n_1 \cdot x^2}{3}, \frac{n_1 \cdot x^3}{4}, \frac{n_1 \cdot x^4}{5} \dots$$

(n_1 = număr de specii cu un individ iar pentru termenii succesivi, respectiv cu 2, 3, 4, 5 indivizi; x = constantă < 1)

In lucrarea lui THOMAS & THOMAS (1994) modelul seriilor logaritmice a fost comparat cu modelul logaritmului normal prin analiza fluturilor capturați la o capcană luminoasă, în 18 staționare, în 4 ani succesiv (autorii au scos în evidență că probele cu medii stabile au fost mai

bine reprezentate de seriile logaritmice, iar cele provenite din părți puternic perturbate, de logaritmul normal). De asemenea, indicele de diversitate α al seriilor logaritmice a fost comparat, dovedindu-se și mai bun, decât indicele Simpson și cu indicele Shanon-Weaver, prin folosirea capturilor de la o aceeași capcană luminoasă, timp de mai mulți ani. Pornind de la forma inițială, s-a calculat valoarea lui α , bazat pe toate nopțile de sampling, și s-a denumit **α global**:

$$\alpha = \frac{N(1 - x)}{x}$$

Așadar, după ce inițial a fost propus indicele de diversitate α (FISCHER, CORBET & WILLIAMS 1943) și alți indici au fost ulterior sugerati. Astăzi, cel mai mult folosiți sunt: **indicele teoriei informaționale (SHANON - WEAVER)** și **indicele Simpson (SIMPSON 1949)**. Generalizând modelul lui Fischer, s-au elaborat ulterior alte două modele: **modelul extins al abundenței binomiale negative (ENGEN 1974)**, care folosește 2 parametrii (α și k) în descrierea diversității iar $k=0$ și **indicele de diversitate MacArthur (MACARTHUR 1957)**, unde $k=1$.

SOLEM (1979), în domeniul trichopterelor și pe baza capturilor de la capcana luminoasă (20 capcane în diferite zone; 3 ani) a estimat parametrii α și k în modelul lui ENGEN (1974) din relația:

$$E(N_i) = \alpha \omega^k \frac{(k+1)(k+2) \dots (k+i-1)}{i!} (1-\omega)^i$$

(N_i = numărul de specii cu λ reprezentanți în probă; $\omega = \alpha / (\alpha + \gamma)$; γ = mărimea probei (nr. indivizi/probă))

S-au estimat parametrii α și k care s-au marcat pe cele două axe (Ox și Oy) și s-au comparat cu indicele de diversitate Simpson și cu indicele teoriei informaționale.

Prezentăm în continuare indicii de diversitate cei mai cunoscuți și cei mai mult folosiți.

(a). indicele de diversitate Fisher, Corbet și Williams:

$$S = \alpha \log_2 \left(1 + \frac{N}{\alpha} \right)$$

(S = nr. specii; N = nr. indivizi; α = indicele de diversitate).

(b). indicele Shanon - Weaver:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Acesta pune în evidență deosebirile dintre două eșantioane.

(p_i = proporția de indivizi prin care specia i este prezentă în biocenoză; deriva din raportul n/N ; n = numărul de indivizi ai speciei i ; N = numărul total de indivizi, ai tuturor speciilor din probă analizată; în calcule se lucrează în \log_{10} sau \ln ; pentru a transforma \log_{10} în \log_2 , primul se înmulțește cu constanta $k = 3,322819$).

Folosind acest indice, se poate calcula **informația relativă** (I_r):

$$I_r = \frac{H'}{H_{\max}} \quad \text{sau} \quad I_r = \frac{H}{\log S}$$

Exemplu. S-au recoltat 10 probe. După prelucrarea materialului, s-au identificat 11 specii

Etapele de lucru sunt următoarele:

- *. se notează numărul de indivizi pentru fiecare specie în parte
- *. se alcătuiește un tabel de lucru de forma următoare:

Specia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
I	18	0	6	0	15	20	2	7	8	12	88
II	172	49	10	30	12	4	1	8	12	4	302
III	29	24	12	.	.	.	.	.	.	.	.
IV	5	0	2	.	.	.	.	.	.	.	.
V	1	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.
VI	19	25	31	.	.	.	.	.	.	.	.
VII	4	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VIII	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
IX	5	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
X	6	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
XI	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Suma	262	109	.	.	.	.	.	.	.	.	Nr.total ind.

(în tabel am trecut doar o parte din date).

*. În continuare se trece la calcularea valorilor lui p_i pentru fiecare specie ($p_i = n/N$; n = numărul de indivizi ai speciei, N = numărul total de indivizi, ai tuturor speciilor din probele luate), p_i^2 (de care vom ţine cont în ex. de la pct.d, privind indicele S i m p s o n), - G i n i, $\log p_i$ și $p_i \cdot \log p_i$ (acestia în bază 10). Toate valorile vor fi trecute în alt tabel, de forma celui care urmează pe pagina următoare.

*. Datele din tabel se trec în relația / /:

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

$H' = -(-0,5538) \cdot k = -(-0,5538) \cdot 3,3228$ (constantă pentru transformare log ₁₀ în log₂)

$$H' = 1,84$$
 biți

*. Apoi se calculează informația relativă (relația / 112 /):

$$I_r = \frac{H}{H_{\max}}$$

$H_{\max} = \log S$ ($S = 11$, numărul de specii); $\log_{10} 11 = 1,0414$ (valoare ce se transformă în log₂, deci; $H_{\max} = 1,0414 \cdot 3,3228 = 3,4604$

$H_{\max} = 3,4604$; rezultă că $I_r = 1,84/3,4604 = 0,5318$; $I_r = 0,5318$

Specia	p_i	p_i^2	$\log_{10} p_i$	$p_i \cdot \log_{10} p_i$
I	0,0687	0,0047	-1,1630	-0,0799
II	0,6565	0,4310	-0,1828	-0,1200
III	0,1107	0,0123	-0,9559	-0,1058
IV	0,0191	0,0064	-1,7193	-0,0328
V	0,0038	0,0000	-2,4183	-0,0092
VI	0,0725	0,0053	-1,1395	-0,0826
VII	0,0153	0,0002	-1,8162	-0,0278
VIII	0,0038	0,0000	-2,1483	-0,0092
IX	0,0191	0,0004	-1,7193	-0,0328
X	0,0229	0,0005	-1,6402	-0,0376
XI	0,0076	0,0001	-2,1173	-0,0161
	$\Sigma = 0,5519$	$\Sigma = 0,4519$		$\Sigma = -0,5538$

* exemplu de calcul pentru log care nu se găsesc în tabele:

$$\log_{10} 0,0687 = \log 687 \cdot 10^{-4} = -4 + \log 687 = -4,0000 + 2,83696 = -1,16304$$

[pt. $\log 687$ se calculează: $\log 100 < \log 687 < \log 1000$, deci $2 < \log 687 < 3$; înseamnă că numărul pentru întreg este 2, iar din tabel, în dreptul valorii 687 se află 83 (comun pentru mai multe valori) și chiar în dreptul lui valoarea 696. Deci $\log 687 = 2,83696$].

*. Se vizualizează toate valorile indicelui de diversitate, într-un grafic după modelul celui din Fig. 24.

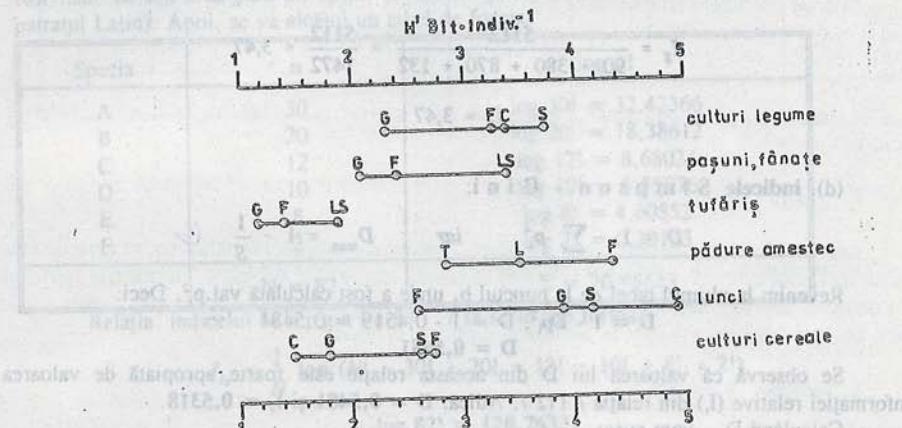


Fig. 24. Model de reprezentare grafică a diversității estimată cu ajutorul indicelui Shannon-Weaver, pe baza capturilor de lepidoptere cu ajutorul capcanelor feromonale în 6 tipuri de habitate caracteristice din jud. Cluj și Caraș-Severin (valori medii pentru intervalul 1982-1989; STAN nepubl.)

(c). indicele S i m p s o n:

$$I_S = \sum p_i^2 \quad \text{sau} \quad I_S = \frac{N(N-1)}{\sum n(n-1)}$$

(p_i are aceeași semnificație ca anterior; $n = \text{nr.indivizi ai unei specii}; N = \text{nr.total indivizi}$). Altfel spus, se însumează probabilitățile de apariție a fiecărei specii, obținând o măsură a modului în care ecosistemul este dominat de un număr mic sau mare de specii.

Indicele S i m p s o n, crește pe intervalul 1 (pentru o biocenoză cu o specie) - ∞ .

Exemplul I. Să presupunem o biocenoză cu două specii:

- specia A=10 indivizi, specia B=5 indivizi, atunci:

$$I_S = \frac{15(15-1)}{10(10-1) + 5(5-1)} = \frac{15 \cdot 14}{90 + 20} = \frac{210}{110} = 1,91$$

- specia A=10, specia B=10, atunci:

$$I_S = \frac{20(20-1)}{10(10-1) + 10(10-1)} =$$

$I_{S_1} = 0.0038,5 + 0.0000,5 = 0.0038,5$ sau $0.001 \text{ gol} > 0.0001 \text{ gol} > 0.0000,5$

Exemplul II. Să presupunem o biocenoză cu 4 specii: specia A = 10 indivizi, specia B = 20, specia C = 30, specia D = 12. Atunci:

$$I_S = \frac{72(72 - 1)}{10(10 - 1) + 20(20 - 1) + 30(30 - 1) + 12(12 - 1)}$$

$$I_S = \frac{72 \cdot 71}{(10 \cdot 9) + (20 \cdot 19) + (30 \cdot 29) + (12 \cdot 11)}$$

$$I_S = \frac{5112}{90 + 380 + 870 + 132} = \frac{5112}{1472} = 3,47$$

$$I_S = 3,47$$

(d). indicele Simpson - Gini:

$$D = 1 - \sum p_i^2 \quad \text{iar} \quad D_{\max} = 1 - \frac{1}{S}$$

Revenim la ultimul tabel de la punctul b. unde a fost calculată val. p_i^2 . Deci:

$$D = 1 - \sum p_i^2, \quad D = 1 - 0,4519 = 0,5481$$

$$D = 0,5481$$

Se observă că valoarea lui D din aceasta relație este foarte apropiată de valoarea informației relative (I_r) din relația / 112 /. Adică: $D = 0,5481$ și $I_r = 0,5318$.

Calculând D_{\max} vom avea:

$$D_{\max} = 1 - \frac{1}{S} = 1 - 0,0909 = 0,9091$$

$$D_{\max} = 0,9091$$

Se calculează apoi valoarea indicelui de echitabilitate (E):

$$E = \frac{D_{\text{calculat}}}{D_{\max}}$$

$$E = \frac{0,5481}{0,9091} = 0,6029$$

$$E = 0,6029$$

Indicele de echitabilitate (E), caracterizează uniformitatea distribuției indivizilor pe specii. Când E=1, echitabilitatea este ideală și deci toate speciile din biocenoza studiată au același număr de indivizi.

(e). indicele de diversitate G ileas o n:

$$I_G = \frac{S - 1}{\ln N}$$

(S = nr. specii; N = nr. indivizi; \ln = logaritmul natural sau în bază e).

(f). indicele Margalef

Evaluează informația furnizată de un eșantion de o anumită mărime. Unitatea de măsură = bit. Se calculează după relația:

$$I_M = \frac{1}{N} \log_{10} \frac{N!}{S_A! S_B! S_C! \dots S_Z!}$$

[Atenție: deoarece în calcule se lucrează cu $\log_{10} = \ln$, acesta se va înmulți cu $k=3,3228$ pentru a fi transformat în \log_2 ; $N = \text{nr.total de indivizi}$; $S_A!, S_B!, S_C!, \dots, S_Z!$ = valoarea (logaritmul factorial) a indivizilor speciilor A, B, C, ..., Z; $N!$ = logaritmul factorial al numărului total de indivizi].

Exemplu. Dintr-o probă s-au identificat 6 specii de insecte, fiecare prezentă cu un anumit număr de indivizi (n) și cu un total (N) de 82 indivizi (n poate proveni din însumarea numărului de indivizi ai aceleiași specii, atunci când din biocenoză se iau mai multe probe sau, probele au fost luate pentru a asigura un optim de informație, după diferite metode: blocul randomizat, patratul Latin). Apoi, se va alcătui un tabel de forma:

Specia	n	log n!
A	30	$\log 30! = 32,42366$
B	20	$\log 20! = 18,38612$
C	12	$\log 12! = 8,68034$
D	10	$\log 10! = 6,55976$
E	8	$\log 8! = 4,60552$
F	2	$\log 2! = 0,30103$
	$N = 82$	$\Sigma = 70,95643$

Relația indicelui Margalef / / se scrie sub forma:

$$I_M = \frac{1}{N} \log (N! - 30! + 20! + 12! + 10! + 8! + 2!)$$

$$\log 82! = 120,76321$$

Inlocuind datele în forma de mai sus a indicelui, avem:

$$I_M = \frac{1 \cdot \log_{10}}{82} (120,7631 - 70,95643)$$

$$I_M = \frac{1 \cdot 3,3228}{82} \cdot 49,8067$$

($3,3228 = k$ și s-a înmulțit la numărător pt. a transforma \log_{10} în \log_2)

$$I_M = 0,0405 \cdot 49,8067 = 2,02$$

$$I_M = 2,02 \text{ biți}$$

Important. Logaritmul factorial se află din tabelele matematice. În aceste tabele însă, cifra maximă pentru care avem dată valoarea, este 499 (ZAR, 1975). Este însă normal și se întimplă frecvent, ca valoarea lui N (sau chiar a lui n) să depășească 500. În acest caz, pentru asemenea cifre mari valoarea factorială se calculează după Formula lui Sterling :

$$N! = \sqrt{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot \left(\frac{N}{e}\right)^N$$

Exemplu. Considerăm $N = 875$. Atunci:

$$875! = \sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 875} \cdot \left(\frac{875}{e}\right)^{875}$$

Din această relație, valoarea factorială a sumei 875 se calculează astfel:

$$875! = 0,5 \cdot \log 2 = 0,150515 \quad (0,5 = x \text{ informație/individ}; \log 2 = 0,30103)$$

$$0,5 \cdot \log \pi = 0,248575 \quad (\pi = 3,1415; \log \pi = 0,49715)$$

$$0,5 \cdot \log 875 = 1,469760 \quad (\log_{10} 875 = 2,93952; \text{se calculează după modelul prezentat sub tabelul din cadrul indicelui Shanon-Wiener})$$

$$875 \cdot \log 875^* = 2574,2570 \quad (-\text{se extrage din tabelul } \mathbf{X} \log \mathbf{X})$$

$$-875 \cdot \log e = -380,0038 \quad (e = 2,718282)$$

$$875! = 0,150515 + 0,248575 + 1,469760 + 2574,2570 - 380,0038 = 2196,12$$

$$875! = 2196,12$$

E. Asemănarea biogeografică

(indicele Stugren & Rădulescu)

Este un coeficient pe baza căruia se caracterizează fauna din regiuni diferite. Relația este:

$$C_{AB} = \frac{X + Y - Z}{X + Y + Z}$$

(X = nr. indivizi, specii, din proba 1; Y = nr. indivizi, specii, din proba 2; Z = nr. indivizi, specii, din probele 1 și 2).

F. Similaritatea

Reprezintă măsura în care, două populații, biocoene, habitate, ecosisteme, se apropie unul de altul (rezintă afinitate). Cu acest indice se operează frecvent în ecologie, informația furnizată fiind deosebit de valoasă datorită și posibilităților de vizualizare. Prezentăm mai întâi indicii cei mai frecvenți utilizăți în prelucrarea datelor primare.

a. Indicele Sorenson

$$S = \frac{2 \cdot c}{a + b} \cdot 100$$

(semnificația termenilor este aceeași ca și la coeficientul Jaccard).

b. Indicele Kulczyński

$$K = \frac{\frac{c}{a} + \frac{c}{b}}{2} \cdot 100 \quad \text{sau} \quad K = \frac{c(a + b)}{2ab} \cdot 100$$

Initial, acest indice prezinta gradul de asemănare, pe baza prezenței sau absenței speciilor din probele comparate. Pentru aspectul cantitativ, s-a introdus indicele de dominanță (I_D):

$$I_D = \frac{\sum P_1 + \sum P_2 - \sum P_1 \cdot P_2}{2}$$

[$\sum P_1$ = suma valorilor cantitative (nr. indivizi, abundență, dominanță) în proba 1; $\sum P_2$ = suma valorilor cantitative în proba 2; $\sum P_1 \cdot P_2$ = suma diferențelor valorilor cantitative pentru cele două probe].

Ulterior, valoarea lui I_D s-a introdus în formula indicelui cantitativ de afinitate (I_{CA}):

$$I_{CA} = \frac{\frac{I_D}{P_1} + \frac{I_D}{P_2}}{2} \cdot 100$$

c. Procentajul de similaritate. Este o modalitate simplă care are la bază compararea a două probe în funcție de indiviziile diferitelor specii. Valoarea procentajului de similaritate, pentru o pereche de probe este dată de însumarea celor mai mici valori ale numărului total de indivizi:

$$\%S = \Sigma_{\text{min}} (A, B, C, D, \dots, N)$$

Exemplu. Avem două habitate (I și II). În acestea, avem speciile A, B, C, D, E. În probele luate pentru aceste specii am găsit un număr de larve. La nivelul fiecărui habitat însumăm aceste numere și estimăm valoarea procentuală a numărului de indivizi, pentru fiecare specie (însumând pe orizontală, obținem 100%). Datele se trec într-un tabel de lucru, de forma:

Habitatul	Specie				
	A	B	C	D	E
I	15	42	10	29	4
II	8	50	2	30	10

$$\%S = 8 + 42 + 2 + 29 + 4 = 85$$

$$\%S = 85\%$$

d. Indicele M o u n t f o r d

* Varianta (I):

Este un indice care rămâne încă preferat de unii cercetători. Are la bază relația:

$$M = \frac{2c}{2ab - (a+b)c}$$

(semnificația termenilor a, b, c este aceeași ca și la indicele Jaccard)

Acest indice facilitează directa comparare a numărului de probe și are la bază același principiu ca și indicele de diversitate Williams. Valoarea lui se poate estima și cu ajutorul nomogramei (SOUTHWOOD 1966).

O serie de cercetători au evidențiat multilateralitatea acestui indice, el putând fi calculat atât pentru probele actuale cât și pentru rezultate totalizate de la o serie de probe din același habitat (în acest ultim caz însă, un același număr de probe și de o aceeași mărime, trebuie recoltate din diferite poziții).

** Varianta (II):

Indicele poate fi folosit pentru compararea a două habitate (pozitii)(A și B) cu un al treilea (C), după relația:

$$I(AB:C) = \frac{I(AC) + I(BC)}{2}$$

Dacă se compară diferite probe (m), părți, habitate, cu un al treilea element, formula generală este:

$$I(A_1A_2A_3 \dots A_m : C) = \frac{I(A_1C) + I(A_2C) + I(A_3C) \dots + I(A_mC)}{m}$$

Pornind de aici, el poate fi extins și pentru a face comparații între grupe (Ex. A₁ și A₂ cu B₁ și B₂), după relația de tipul:

$$I(A_1A_2 : B_1B_2) = \frac{I(A_1B_1) + I(A_1B_2) + I(A_2B_1) + I(A_2B_2)}{4}$$

Formula generală pentru acest tip de comparații este definită sub forma:

$$I(A_1A_2 \dots A_m : B_1B_2 \dots B_n) = \frac{1}{mn} \sum \sum I(A_iB_j)$$

Exemplu. Modul de lucru este relativ ușor și are la bază principiul dendrogramei. Să

presupunem un caz general în care luăm probe din diferite habitate. Se identifică speciile și apoi folosim relația de la început a indicelui Mountford / / cu semnificația: a = nr. specii în biotopul I, b = nr. specii în biotopul II, c = nr. specii comune în cele două biotopuri. Reamintim: *procedeul de calcul este ca și la afinitate* (valorile se pot exprima ca probabilitate sau procentual, în acest caz înmulțind valoarea cu 100). În urma prelucrărilor obținem valorile indicelui, pe care le aranjăm într-un tabel de lucru de forma:

Specie	A	B	C	D	E
A		0,074	0,113	0,095	0,103
B	0,074		0,136	0,144	0,117
C	0,113	0,136		0,135	0,119
D	0,095	0,144	0,135		0,068
E	0,103	0,117	0,119	0,068	

(a). Mai simplu, pentru a nu încurca, datele se trec sub forma:

B C D E

A	0,074	0,113	0,095	0,103
B		0,136	0,144	0,117
C			0,135	0,119
D				0,068

(b) Se ia *cea mai mare valoare și combinația ei* (aici: **B** cu **D = 0,144**) și între aceasta și ce a mai rămas (**E**, **A** și **C**) se calculează indicele după relația / /. Ex. Între **BD : E**, avem:

$$I(BD : E) = \frac{I(BE) + I(DE)}{2} = \frac{0,117 + 0,068}{2} = 0,0925$$

Calculând la fel și combinațiile cu **A** și cu **C**, vom avea: $I(BD:A) = 0,0845$ și $I(BD:C) = 0,1355$. Acum se scrie noua formă a grupării:

BD C E

A	0,0845	0,133	0,103
BD		0,1355	0,0925
C			0,119

(c) Se ia din nou valoarea cea mai mare (acum este: **BD** și **C = 0,1355**), formând astfel grupul **BCD** care se va analiza iarăși cu ce a mai rămas (**A** și **E**). Vom avea:

$$I(BCD : A) = \frac{I(BA) + I(CA) + I(DA)}{3} = \frac{0,074 + 0,113 + 0,095}{3} = 0,094$$

Calculând asemănător, pentru $I(BCD : E) = 0,1013$. Din nou scriem noua formă a grupării:

BCD E

A	0,094	0,103
BCD		0,1013

(d) Operațiunea se repetă: din nou se ia valoarea cea mai mare (acum este **AE = 0,103**) și între aceasta și ultima grupare care a mai rămas în cazul nostru (**BCD**) se va face comparația de tipul $I(AE : BCD)$, de data aceasta după relația / /.

(Se înțelege că aceste operații se fac până la epuizarea tuturor combinațiilor în funcție de numărul parametrilor analizați).

$$I(AE : BCD) = \frac{1}{2.3} I(AB) + I(AC) + I(AD) + I(BE) + I(CE) + I(DE) = 0.0976$$

(e) Acum se trece la clasificarea finală. Pentru toate grupările făcute, luăm valorile în ordine descrescătoare și vom avea:

$$\begin{array}{ll} I(B : D) = 0,144 & (14,4) \\ I(BD : C) = 0,1355 & (13,5) \\ I(A : E) = 0,103 & (10,3) \\ I(BCD : AE) = 0,0976 & (9,8) \end{array}$$

(valorile din paranteză s-au obținut prin înmulțirea valorilor indicilor cu 100)

Clasificarea constă în alcătuirea unei dendrograme marcând aceste valori, conform grupării de analiză, la nivelul unei scări, obținând un model (Fig. 25) care evidențiază foarte bine grupările existente.

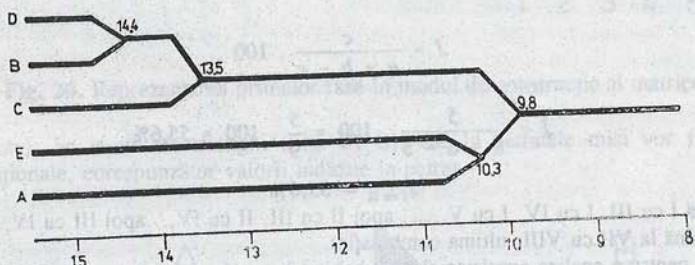


Fig. 25. Modelul dendrogramei, obținut pe baza estimării similarității cu ajutorul indicelui Mountford, pentru exemplul dat în text

e. Indicele Jaccard

A fost amintit în cadrul studiului afinității. Are formula:

$$J = \frac{c}{a + b - c} \cdot 100$$

(dacă se compară două ecosisteme, habitate, biocenoze: a = nr. specii din ecosistemul I; b = nr. specii din ecosistemul II; c = nr. comun de specii din ecosistemele I și II; alte detalii sunt prezentate în cadrul afinității).

Deși prezentat la urmă, este indicele cel mai frecvent folosit.

Exemplu. Având o semnificație importantă, în cele ce urmează prezint toate etapele de lucru, până la obținerea matricei și a dendrogramei, folosind coeficientul Jaccard (pentru primele faze de calcule dau numai un exemplu).

(a). din probele luate din diferitele habitate sau ecosisteme, se determină speciile și numărul de indivizi;

(b). se alcătuiește un tabel cu speciile determinate în habitatele studiate. Acest tabel este de forma:

Specia	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
A	+	+	+	-	-	-	+	+	5
B	+	+	+	-	+	-	+	+	6
C	+	-	+	-	-	-	-	+	3
D	-	+	+	+	+	+	+	+	7
E	-	-	+	-	-	+	+	+	4
F	+	+	+	-	+	-	-	-	4
G	+	-	-	-	-	-	+	+	3
H	+	-	+	+	+	-	-	-	4
I	+	+	+	+	-	+	+	+	7
K	+	+	+	+	+	+	+	+	8
Total	8	6	9	4	5	4	7	8	

Incepem compararea "fiecare cu fiecare". Se iau ecosistemele I și II. Conform datelor de aici, avem:

$$J = \frac{c}{a + b - c} \cdot 100$$

$$J = \frac{5}{8 + 6 - 5} \cdot 100 = \frac{5}{9} \cdot 100 = 55,6\%$$

$$J_{I \text{ cu } II} = 55,6\%$$

(se continuă I cu III, I cu IV, I cu V,..., apoi II cu III, II cu IV,...apoi III cu IV, III cu V,... și tot așa până la VII cu VIII, ultima combinație).

(c). pentru a analiza ecosistemele sau habitatele, pe baza probelor, în funcție de o serie de factori care le pot apropiă sau îndepărta, este necesară reprezentarea grafică a datelor. Două modalități sunt cele mai folosite: **matricea de similitudine și dendrograma**.

I. Matricea de similitudine

Este modalitatea cea mai frecventă, mai convenabilă și mai ușoară pentru reprezentarea grafică a similarității. Metoda oferă posibilitatea, ca prin diferite operații de permutare, pe de o parte să se grupeze diferite probe (evidențiindu-se ecosistemele apropiate), iar pe de altă parte, implicit, să se vizualizeze diferențele extreme dintre ecosistemele studiate. Ca metodă de lucru, pe măsură ce se calculează valorile pentru J, acestea se vor trece deja în matrice.

Construcția matricii. Etapele succesive au fost prezentate în cadrul indicelui de afinitate. De data aceasta vom avea un patrat mare cu fiecare latura împărțită în câte 8 patrate mici (fiind analizate 8 ecosisteme)(Fig. 26 A). Se ia triunghiul din stânga jos și în el se trec toate valorile lui J, în căsuță corespunzătoare ce se găsește la intersecția celor două ecosisteme analizate. Acest triunghi completat cu datele noastre, arată ca în Fig. 26 B.

(d). Urmează faza de permute a valorilor, cu "tragerea" valorilor mari spre ipotenuza triunghiului. După efectuarea tuturor permutărilor posibile (dar și convenabile) matricea va fi ca în Fig. 27 A (cu o linie mai groasă, se delimită aceste valori de restul). Aceasta este matricea în formă grupată.

(e). Etapa următoare constă în stabilirea claselor de valori. Pentru începători, toate valorile se aranjează în ordine crescătoare (separat pe o hârtie) și apoi se observă cum care este proporția diferitelor valori în acest sir (ele pot să acopere un interval de la valori foarte mici până aproape de 100%, sau se încadrează numai în jumătate din acest interval). În funcție de dominanța diferitelor valori se vor alege și intervalele pentru clase (pentru exemplul nostru acesta este 20). Apoi, pentru fiecare clasă se alege un semn convențional evident (se recomandă ca fizionomia acestora să se amplifice, asociat cu creșterea valorilor claselor - de la nuanțe deschise spre nuanțe

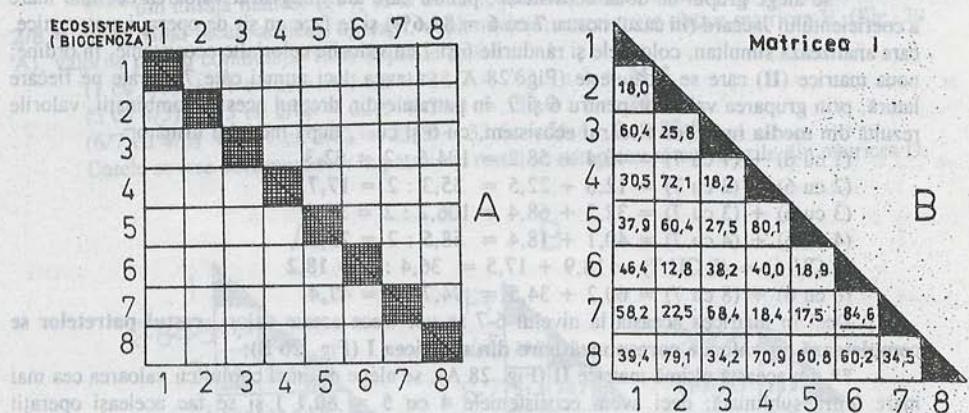


Fig. 26. Reprezentarea primelor faze în modul de construcție al matricei de similitudine.

compacte). Se ia un alt triunghi (Fig. 27 B), dar în patratele mici vor fi trecute semnele convenționale, corespunzător valorii indicate în patrat.

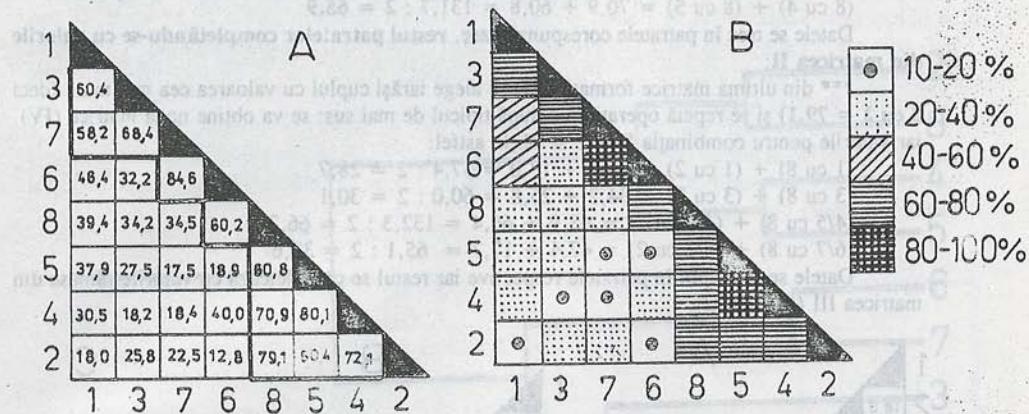


Fig. 27. Matricea de similitudine: faza de permutare ("tragere") a datelor, stabilirea claselor și alegerea semnelor convenționale.

Pe baza acestei ultime figuri se pot face o serie de constatări, deducții și corelații.

II. Dendrograma

Pentru a alcătui dendrograma, se pleacă de la matricea cu valorile brute, neordonate (Fig. 26 B), pe care o notăm convențional cu I. Sunt implicate apoi un număr destul de măre calcule, dar care sunt simple și în final grupările vor fi evidente iar compararea se face pe grupuri mai mari decât două.

(f). Pornind de la matricea I se procedează în felul următor:

* se alege grupul de două ecosisteme, pentru care am înregistrat valoarea cea mai mare a coeficientului Jaccard (în cazul nostru **7 cu 6 = 84,6%**) și se face un sir de operații matematice, care analizează simultan, coloanele și rândurile 6 și 7 cu valorile celorlalte ecosisteme, în ordine; noua matrice (II) care se alcătuiește (Fig. 28 A), va avea deci numai câte 7 patrate pe fiecare latură, prin gruparea valorilor pentru 6 și 7, în patratele din dreptul acestei combinații, valorile rezultă din **media indicilor** fiecărui ecosistem, cu 6 și cu 7, după modelul următor:

$$\begin{aligned}(1 \text{ cu } 6) + (1 \text{ cu } 7) &= 46,4 + 58,2 = 104,6 : 2 = 52,3 \\(2 \text{ cu } 6) + (2 \text{ cu } 7) &= 12,8 + 22,5 = 35,3 : 2 = 17,7 \\(3 \text{ cu } 6) + (3 \text{ cu } 7) &= 32,2 + 68,4 = 106,2 : 2 = 50,3 \\(4 \text{ cu } 6) + (4 \text{ cu } 7) &= 40,1 + 18,4 = 58,5 : 2 = 29,3 \\(5 \text{ CU } 6) + (5 \text{ CU } 7) &= 18,9 + 17,5 = 36,4 : 2 = 18,2 \\(8 \text{ cu } 6) + (8 \text{ cu } 7) &= 60,2 + 34,5 = 94,7 : 2 = 47,4\end{aligned}$$

Deci în matricea aceasta la nivelul 6-7 se vor trece aceste valori, restul patratelor se completează cu valorile corespunzătoare din matricea I (Fig. 26 B);

** din această ultimă matrice II (Fig. 28 A), se alege din nou cuplul cu valoarea cea mai mare (cifra subliniată; deci avem ecosistemele **4 cu 5 = 80,1**) și se fac aceleași operații matematice ca mai sus, estimând valorile medii pentru combinațiile lui 4 și 5 cu fiecare dintre celelalte ecosisteme; de data aceasta, noua matrice (III) va avea numai 6 patrate mici pe fiecare latură (Fig. 28 B). Combinăriile efectuate și mediile lor sunt următoarele:

$$\begin{aligned}(1 \text{ cu } 4) + (1 \text{ cu } 5) &= 30,5 + 37,9 = 68,4 : 2 = 34,2 \\(2 \text{ cu } 4) + (2 \text{ cu } 5) &= 72,1 + 60,4 = 132,5 : 2 = 66,4 \\(3 \text{ cu } 4) + (3 \text{ cu } 5) &= 18,2 + 27,5 = 45,7 : 2 = 22,9 \\(6/7 \text{ cu } 4) + (6/7 \text{ cu } 5) &= 29,3 + 18,2 = 47,5 : 2 = 23,8 \\(8 \text{ cu } 4) + (8 \text{ cu } 5) &= 70,9 + 60,8 = 131,7 : 2 = 65,9\end{aligned}$$

Datele se trec în patratele corespunzătoare, restul patratelor completându-se cu valorile din matricea II;

*** din ultima matrice formată (III) se alege iarăși cuplul cu valoarea cea mai mare (deci **8 cu 2 = 79,1**) și se repetă operațiunile după tipicul de mai sus; se va obține noua matrice (IV), iar valorile pentru combinația 8 cu 2 se obțin astfel:

$$\begin{aligned}(1 \text{ cu } 8) + (1 \text{ cu } 2) &= 39,4 + 18,0 = 57,4 : 2 = 28,7 \\(3 \text{ cu } 8) + (3 \text{ cu } 2) &= 34,2 + 25,8 = 60,0 : 2 = 30,1 \\(4/5 \text{ cu } 8) + (4/5 \text{ cu } 2) &= 65,9 + 66,4 = 132,3 : 2 = 66,2 \\(6/7 \text{ cu } 8) + (6/7 \text{ cu } 2) &= 47,4 + 17,7 = 65,1 : 2 = 32,6\end{aligned}$$

Datele se trec apoi în patratele respective iar restul se completează cu valorile rămase din matricea III (Fig. 28 C);

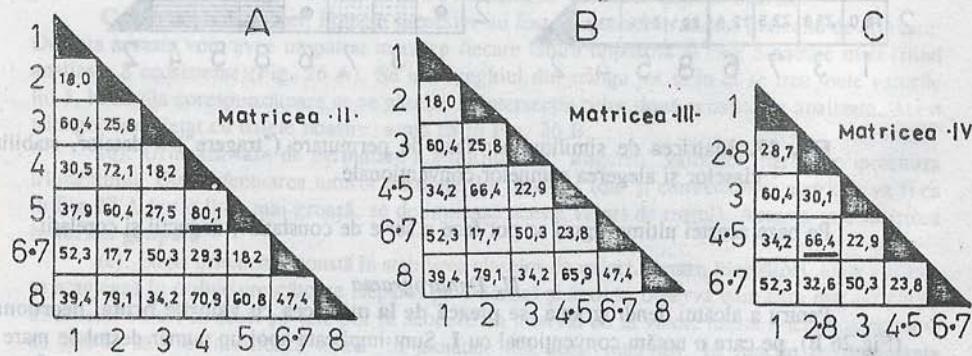


Fig. 28. Matricea de similitudine: fazele de construcție a matricelor II, III și IV (explicații în text)

**** din ultima matrice (IV), se ia de asemenea cuplul cu valoarea cea mai mare (4/5 cu 2/8 = 66,4), fiind făcute aceleasi operații, după modelul anterior; se obține matricea V (Fig. 29 A), valorile pentru combinări fiind obținute astfel:

$$(1 \text{ cu } 4/5) + (1 \text{ cu } 2/8) = 34,2 + 28,7 = 62,9 : 2 = 31,5$$

$$(3 \text{ cu } 4/5) + (3 \text{ cu } 2/8) = 22,9 + 30,1 = 53,0 : 2 = 26,5$$

$$(6/7 \text{ cu } 4/5) + (6/7 \text{ cu } 2/8) = 23,8 + 32,6 = 56,4 : 2 = 28,2$$

Datele se trec corespunzător în pătrate și restul se completează cu valorile din matricea D:

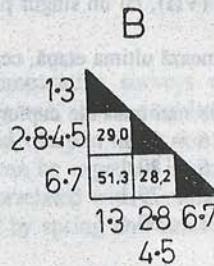
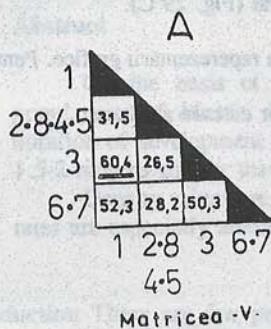


Fig. 29. Ultimele faze ale calculelor la nivelul matricei de similaritate

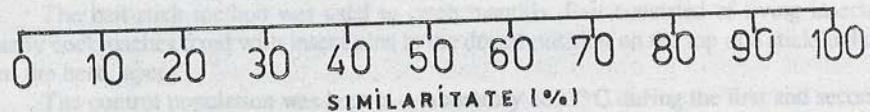
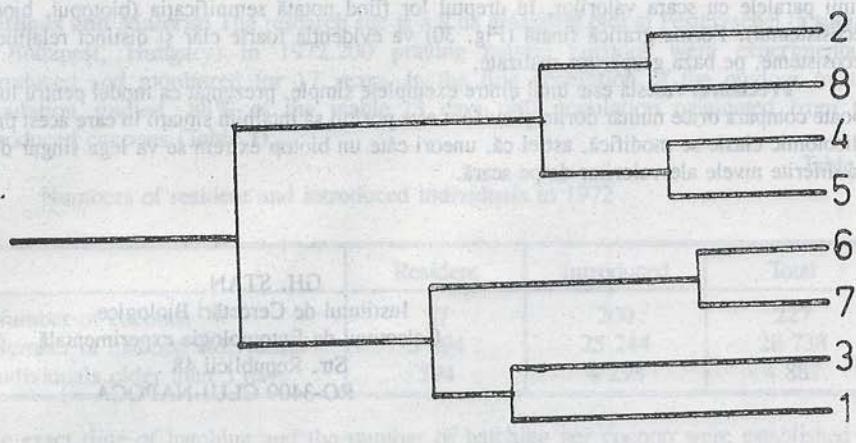


Fig. 30. Reprezentarea modelului dendrogramei alcătuite pe baza valorilor indicelui de similaritate Jaccard (pentru exemplul dat în text)

***** din ultima matrice (V) se ia cuplul cu valoarea cea mai mare (3 cu 1 = 60,4), se fac operațiile necesare:

$$(2/8/4/5 \text{ cu } 1) + (2/8/4/5 \text{ cu } 3) = 31,5 + 26,5 = 58,0 : 2 = 29,0$$

$$(6/7 \text{ cu } 1) + (6/7 \text{ cu } 3) = 50,3 + 52,3 = 102,6 : 2 = 51,3$$

și valorile se trec în noua matrice VI (Fig. 29 B), care va avea numai trei patrate, două fiind ocupate de cele două valori de mai sus, iar a treia de valoarea rămasă (28,2) din matricea E;

***** din această ultimă matrice (VI) se ia din nou cuplul cu valoarea cea mai mare (6/7 cu 1/3 = 51,3) fiind calculată de fapt ultima medie:

$$(2/8/4/5 \text{ cu } 6/7) + (2/8/4/5 \text{ cu } 1/3) = 28,2 + 29,0 = 57,2 : 2 = 28,6$$

care se va trece în ultima matrice (VII), cu un singur patrat (Fig. 29 C).

(g). Din acest moment, urmează ultima etapă, cea a reprezentării grafice. Pentru aceasta procedăm în felul următor:

- scoatem toate valorile cele mai mari ale cuplurilor cu care am lucrat:

$$7 \text{ cu } 6 = 84,6$$

$$4 \text{ cu } 5 = 80,1$$

$$8 \text{ cu } 2 = 79,1$$

$$3 \text{ cu } 1 = 60,4$$

și următoarele obținute din calcule:

$$4/5 \text{ cu } 2/8 = 66,4$$

$$6/7 \text{ cu } 1/3 = 51,3$$

$$6/7/1/3 \text{ cu } 2/8/4/5 = 28,6$$

- se construiește apoi o scară (zecimală sau logaritmică) a valorilor (de la 0 la 100), iar în dreptul ei se vor transpune grafic valorile de sus, mergând pe principiul dicotomiei. Se pornește de obicei de la valoarea cea mai mare și din dreptul valorii corespunzătoare de pe scară, se trag linii paralele cu scara valorilor, în dreptul lor fiind notată semnificația (biotopul, biocenoza, ecosistemul). Forma grafică finală (Fig. 30) va evidenția foarte clar și distinct relațiile dintre ecosisteme, pe baza grupărilor realizate.

Precizare. Acesta este unul dintre exemplele simple, prezentat ca model pentru lucru. Se poate compara orice număr dorim și evident este posibil să întâlnim situații în care acest principiu dicotomic clasic se modifică, astfel că, uneori câte un biotop extrem se va lega singur de altele la diferite nivele ale valorilor de pe scară.

GH. STAN
Institutul de Cercetări Biologice
Colectivul de Entomologie experimentală
Str. Republicii 48
RO-3400 CLUJ-NAPOCA