Δείκτες Ποικιλότητας

(ή ετερογένειας)

Δείκτης <u>Ποικιλότητας</u> Simpson (1949)

Αφορά άπειρο πληθυσμό

εκφράζει την πιθανότητα <u>δύο άτομα</u> που θα παρθούν τυχαία να ανήκουν σε οποιοδήποτε είδος αλλά στο ίδιο είδος

$$\lambda = \sum P_i^2$$

Μετρά την κυριαρχία

Άλλοι μετασχηματισμοί

$H_2 = -\log \boldsymbol{\lambda}$

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{1-\sum P_i^2} = N_2 (Hill's)$$

εκφράζει την πιθανότητα δύο άτομα που θα παρθούν τυχαία με επανατοποθέτηση να ανήκουν σε διαφορετικό είδος

$$D = 1 - \sum P_i^2$$

Μετρά την ποικιλότητα

Ο δείκτης Simpson είναι ευαίσθητος στα άφθονα είδη - όχι στα σπάνια

Το N_2 εκφράζει τον αριθμό ειδών τα οποία αν ήταν ισομερή θα έδιναν το ίδιο D

Για το λ ισχύει: $0 \leq \lambda \leq 1$

Δείκτης Ποικιλότητας των Shannon-Wiener

$$H' = -\sum_{i}^{S} P_i \ln P_i$$

Λογάριθμος σε οποιαδήποτε βάση

μετρά το βαθμό "αβεβαιότητας" στην πρόβλεψη της ομάδας (είδους) στην οποία ανήκει <u>ένα στοιχείο (άτομο)</u>

Προέρχεται από την θεωρία των πληροφοριών. Παρουσιάζει ευαισθησία στην αφθονία των σπάνιων ειδών

Για τη μετατροπή λογαρίθμων από μια βάση σε μια άλλη χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους:

H΄(base 2 logs) = 3.321928 H΄(base 10 logs)

H΄(base e logs) = 2.302585 H΄(base 10 logs)

Το H΄ <u>θεωρητικά</u> κυμαίνεται από:

Ελάχιστη τιμή: Log[N/N(N-S)

Μέγιστη τιμή: Ln(S)

<u>Πρακτικά</u> δεν ξεπερνάει το 5

Όταν η βάση είναι ***2*** οι μονάδες του H΄ είναι ***bits per individual***

Όταν η βάση είναι ***e*** οι μονάδες του H΄ είναι ***nits per individual***

Όταν η βάση είναι ***10*** οι μονάδες του H΄ είναι ***decits per individual***

Με βάση τα παρακάτω δεδομένα αφθονίας ειδών αφίδων (Si) σε δείγμα από μία περιοχή υπολογίστε τους δείκτες ποικιλότητας Simpson και Shannon-Wiener της αφιδοκοινότητας.

Aphids gossypii	**50**
Aploneura lentisci	**40**
Hyalopterus pruni	**22**
Myzus persicae	**18**
Sitobion avenae	**16**
Rhopalosiphum maidis	**14**

ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ SIMPSON

$$\tilde{D} = 1 - \sum_{i=1}^{s} \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n-1)}$$

Είδος	A		
Aphids gossypii	50	(50*49)/(160*159)	0.0963
Aploneura lentisci	40	(40*39)/(160*159)	0.0613
Hyalopterus pruni	22	....	0.0182
Myzus persicae	18	....	0.0120
Sitobion avenae	16	....	0.0094
Rhopalosiphum maidis	14	....	0.0072
TOTAL	160		Άθροισμα 0.204

D = 1-0.204 = 0.796

$$Hill's - N_2 = \frac{1}{D} = \frac{1}{1 - \sum P_i^2} = \frac{1}{0.796} = 1.256$$

Το N2 Εκφράζει τον αριθμό ειδών τα οποία αν ήταν ισομερή θα έδιναν το ίδιο D

ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ Shannon - Wiener

$$\hat{H}' = -\sum_{i=1}^{s} \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

Είδος	A		A
Aphids gossypii	50	(50/160)*ln(50/160)	-0.3635
Aploneura lentisci	40	(40/160)*ln(40/160)	-0.3466
Hyalopterus pruni	22	....	-0.2728
Myzus persicae	18	....	-0.2458
Sitobion avenae	16	....	-0.2303
Rhopalosiphum maidis	14	....	-0.2132
TOTAL	160		Άθροισμα -1.672

H΄= 1.672
bits per individual

Ποικιλότητα σε Σύστημα δύο Ταξινομήσεων

Έστω ότι τα άτομα μιας βιοκοινότητας ταξινομούνται με δύο τρόπους, π.χ.

Ταξινόμηση Α: κατά είδος
Ταξινόμηση Β: ξενιστής

Διακρίνομε τις παρακάτω ποικιλότητες Shannon-Wiener

Ποικιλότητα του πληθυσμού ως προς την ταξινόμηση A:

ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ A

$$H'(A) = -\sum_{j=1}^{s} P_j \ln P_j$$

S ομάδες

Ποικιλότητα του πληθυσμού ως προς την ταξινόμηση B:

ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ B

$$H'(B) = -\sum_{k=1}^{t} Q_k \ln Q_k$$

t ομάδες

Ποικιλότητα του πληθυσμού ως προς την διπλή ταξινόμηση AB:

ΣΥΝΔΙΑΣΜΕΝΗ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ AB

$$H'(AB) = -\sum_{j=1}^{s} \sum_{k=1}^{t} \Pi_{jk} \ln \Pi_{jk}$$

St ομάδες

Ποικιλότητα υπό την ταξινόμηση B εντός της ομάδας A_j :

ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ B εντός της A

$$H'_j(B) = -\sum_{k=1}^{t} Q_{jk} \ln Q_{jk}$$

Μέση σταθμισμένη ποικιλότητα υπό την ταξινόμηση B εντός όλων των ομάδων A :

$$H'_A(B) = \sum_{j=1}^{s} P_j . H'_j(B)$$

Η ουσιαστική ιδιότητα του δείκτη Shannon-Wiener είναι

$$H'(AB) = H'(A) + H'_{A}(B)$$

ποικιλότητα υπό την ταξινόμηση *A*

Μέση σταθμισμένη ποικιλότητα υπό την ταξινόμηση Β εντός όλων των αμάδων της ταξινόμησης Α

Εάν οι ταξινομήσεις είναι ανεξάρτητες ισχύει:

$$H'(AB) = H'(A) + H'(B)$$

	Phaseolus vulgaris Φασόλι $B_{k=1}$	*Solanum melongena* Μελιτζάνα $B_{k=2}$	*Spinach olerachea* Σπανάκι $B_{k=3}$	*Nicotiana tabacum* Καπνός $B_{k=4}$	
$A_{j=1}$	15	20	2	13	
(A.gossypii)	**0.15**	**0.20**	**0.02**	**0.13**	
$A_{j=2}$	10	10	8	2	
(A. fabae)	**0.10**	**0.10**	**0.08**	**0.02**	
$A_{j=3}$	10	0	10	0	
(A. nerii)	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**100**
					1

$$H'(AB) = -\sum_{j=1}^{s}\sum_{k=1}^{t} \Pi_{jk} \ln \Pi_{jk}$$

	Phaseolus vulgaris Φασόλι $\mathbf{B_{k=1}}$	*Solanum melongena* Μελιτζάνα $\mathbf{B_{k=2}}$	*Spinach olerachea* Σπανάκι $\mathbf{B_{k=3}}$	*Nicotiana tabacum* Καπνός $\mathbf{B_{k=4}}$
$\mathbf{A_{j=1}}$ *(A.gossypii)*	0.15 ln(0.15) **-0.2846**	0.20 ln(0.20) **-0.3219**	0.02 ln(0.02) **-0.0782**	0.13 ln(0.13) **-0.2652**
$\mathbf{A_{j=2}}$ *(A. fabae)*	0.10 ln(0.10) **-0.2303**	0.10 ln(0.10) **-0.2303**	0.08 ln(0.08) **-0.2021**	0.02 ln(0.02) **-0.0782**
$\mathbf{A_{j=3}}$ *(A. nerii)*	0.10 ln(0.10) **-0.2303**	0 ln(0) **0.0000**	0.10 ln(0.10) **-0.2303**	0 ln(0) **0.0000**
				2.1513

$$H'(A) = -\sum_{j=1}^{s} P_j \ln P_j$$

	Phaseolus vulgaris Φασόλι $B_{k=1}$	*Solanum melongena* Μελιτζάνα $B_{k=2}$	*Spinach olerachea* Σπανάκι $B_{k=3}$	*Nicotiana tabacum* Καπνός $B_{k=4}$	Σύνολο	P_j	$P_j \ln P_j$
$A_{j=1}$ (*A.gossypii*)	15 0.15ln0.15	20 0.20ln0.20	2 0.02ln0.02	13 0.13ln0.13	50	0.50	0.50 x ln(0.50) -0.347
$A_{j=2}$ (*A. fabae*)	10 0.10ln0.10	10 0.10ln0.10	8 0.08ln0.08	2 0.02ln0.02	30	0.30	0.30 x ln(0.30) -0.361
$A_{j=3}$ (*A. nerii*)	10 0.10ln0.10	0 0.00ln0.00	10 0.10ln0.10	0 0.00ln0.00	20	0.20	0.20 x ln(0.20) -0.322
Σύνολο Q_k	35 0.35	30 0.30	20 0.20	15 0.15	100	1.00	*H'(A)*
$Q_k \ln Q_k$	0.35xln(0.35) -0.37	0.3xln(0.3) -0.36	0.2xln(0.2) -0.32	0.15xln(0.15) -0.28	*H'(B)*	1.335	1.031 **2.366** *H'(A)+H'(B)*

$$H'(B) = -\sum_{k=1}^{t} Q_k \ln Q_k$$

$$H'(AB) = -\sum_{j=1}^{s}\sum_{k=1}^{t} \Pi_{jk} \ln \Pi_{jk} = 2.151$$

Βλέπουμε ότι *H'(AB)= 2.1513* ≠ *H'(A)+H'(B)* = *2.366*, ένδειξη ότι οι δύο ταξινομήσεις δεν είναι ανεξάρτητες

	Phaseolus vulgaris Φασόλι $B_{k=1}$	*Solanum melongena* Μελιτζάνα $B_{k=2}$	*Spinach olerachea* Σπανάκι $B_{k=3}$	*Nicotiana tabacum* Καπνός $B_{k=4}$	Σύνολο	P_j	$H'_j(B)= -\Sigma Q_{jk} ln_{jk}$		$P_j H'_j(B)=$
$A_{j=1}$ (*A.gossypii*)	15 0.30ln0.30 +	20 0.40ln0.40 +	2 0.04ln0.04+	13 0.26ln0.26	50 1	0.50	x 1.207	=	0.603
$A_{j=2}$ (*A. fabae*)	10 0.33ln0.33 +	10 0.33ln0.33 +	8 0.27ln0.27+	2 0.07ln0.07	30 1	0.30	x 1.265	=	0.380
$A_{j=3}$ (*A. nerii*)	10 0.50ln0.50 +	0 0.00ln0.00 +	10 0.20ln0.20+	0 0.00ln0.00	20 1	0.20	x 0.693	=	0.139
					100				$H'_A(B)$ 1.122

$$H'_j(B) = -\Sigma Q_{jk} ln_{jk}$$

$$H'(AB) = 2.151$$
$$H'(A) = 1.031$$
$$H'_A(B) = 1.122$$

Πράγματι όπως βλέπουμε ισχύει η σχέση $H'(AB) = H'(A) + H'_A(B)$.

Εφαρμογή των παραπάνω τύπων στον υπολογισμό της **ταξονομικής** ποικιλότητας

$$H'(GS) = H'(G) + H'_G(S)$$

$$H'(FGS) = H'(F) + H'_F(G) + H'_{FG}(S)$$

Ανάλυση της συνολικής ποικιλότητας στα συστατικά της

Οικογένειες Δεικτών Ποικιλότητας του M.O. Hill

[Πρόκειται για Δείκτες πλούτου (αριθμού) ειδών]

$$N_A = \left[\sum_{i=1}^{s} P_i^A\right]^{\frac{1}{1-A}}$$

Είναι μια γενική μορφή του δείκτη λ του Simpson: $\lambda = \sum_{i=1}^{s} P_i^2$

Έτσι για διάφορες τιμές του A παίρνουμε διάφορους δείκτες ποικιλότητας.

Πλεονέκτημα έναντι άλλων δεικτών το φυσικό τους νόημα:

Για $A=0$: $No=S$ = Αριθμός <u>συνόλου</u> ειδών

Για $A=1$: $N_1=e^{H'}$ = Αριθμός <u>άφθονων</u> ειδών

Για $A=2$: $N_2 = \frac{1}{\sum_{i-1}^{s} P_i^2} = \frac{1}{\lambda}$ = Αριθμός των <u>πολύ-άφθονων</u> ειδών

$N_O > N_1 > N_2$.

Είδος	N	P	P^2
S1	119	119/608= 0.195724	0.038308
S2	88	88/608= 0.144737	0.020949
S3	70	70/608= 0.115132	0.013255
S4	52		
S5	38		
S6	36		
S7	26		
S8	25		
S9	22		
S10	18		
S11	17		
S12	15		
S13	15		
S14	11		
S15	10		

Είδος	N
S16	9
S17	5
S18	5
S19	5
S20	5
S21	3
S22	3
S23	2
S24	2
S25	2
S26	1
S27	1
S28	1
S29	1
S30	1
SUM	608

Είδος	N	P	P^2
S1	119	0.195724	0.038308
S2	88	0.144737	0.020949
S3	70	0.115132	0.013255
S4	52	0.085526	0.007315
S5	38	0.062500	0.003906
S6	36	0.059211	0.003506
S7	26	0.042763	0.001829
S8	25	0.041118	0.001691
S9	22	0.036184	0.001309
S10	18	0.029605	0.000876
S11	17	0.027961	0.000782
S12	15	0.024671	0.000609
S13	15	0.024671	0.000609
S14	11	0.018092	0.000327
S15	10	0.016447	0.000271

Simpson: $\lambda = 0{,}0961$ $D = 1-\lambda = 0{,}9039$

Είδος	N	P	P^2
S16	9	0.014803	0.000219
S17	5	0.008224	0.000068
S18	5	0.008224	0.000068
S19	5	0.008224	0.000068
S20	5	0.008224	0.000068
S21	3	0.004934	0.000024
S22	3	0.004934	0.000024
S23	2	0.003289	0.000011
S24	2	0.003289	0.000011
S25	2	0.003289	0.000011
S26	1	0.001645	0.000003
S27	1	0.001645	0.000003
S28	1	0.001645	0.000003
S29	1	0.001645	0.000003
S30	1	0.001645	0.000003
SUM	608	1.00000	0.09613

Είδος	N	P	Pi *LnPi
S1	119	0.195724	-0.319235
S2	88	0.144737	-0.279753
S3	70	0.115132	-0.248878
S4	52	0.085526	-0.210303
S5	38	0.062500	-0.173287
S6	36	0.059211	-0.167368
S7	26	0.042763	-0.134793
S8	25	0.041118	-0.131221
S9	22	0.036184	-0.120100
S10	18	0.029605	-0.104205
S11	17	0.027961	-0.100014
S12	15	0.024671	-0.091335
S13	15	0.024671	-0.091335
S14	11	0.018092	-0.072591
S15	10	0.016447	-0.067559

Shannon-Wiener: H´ = 2,69381

Είδος	N	P	Pi *LnPi
S16	9	0.014803	-0.062363
S17	5	0.008224	-0.039480
S18	5	0.008224	-0.039480
S19	5	0.008224	-0.039480
S20	5	0.008224	-0.039480
S21	3	0.004934	-0.026208
S22	3	0.004934	-0.026208
S23	2	0.003289	-0.018806
S24	2	0.003289	-0.018806
S25	2	0.003289	-0.018806
S26	1	0.001645	-0.010543
S27	1	0.001645	-0.010543
S28	1	0.001645	-0.010543
S29	1	0.001645	-0.010543
S30	1	0.001645	-0.010543
SUM	608	1.00000	-2.69381

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}	S_{17}	S_{18}	S_{19}	S_{20}	S_{21}	S_{22}	S_{23}	S_{24}	S_{25}	S_{26}	S_{27}	S_{28}	S_{29}	S_{30}
119	88	70	52	38	36	26	25	22	18	17	15	15	11	10	9	5	5	5	5	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1

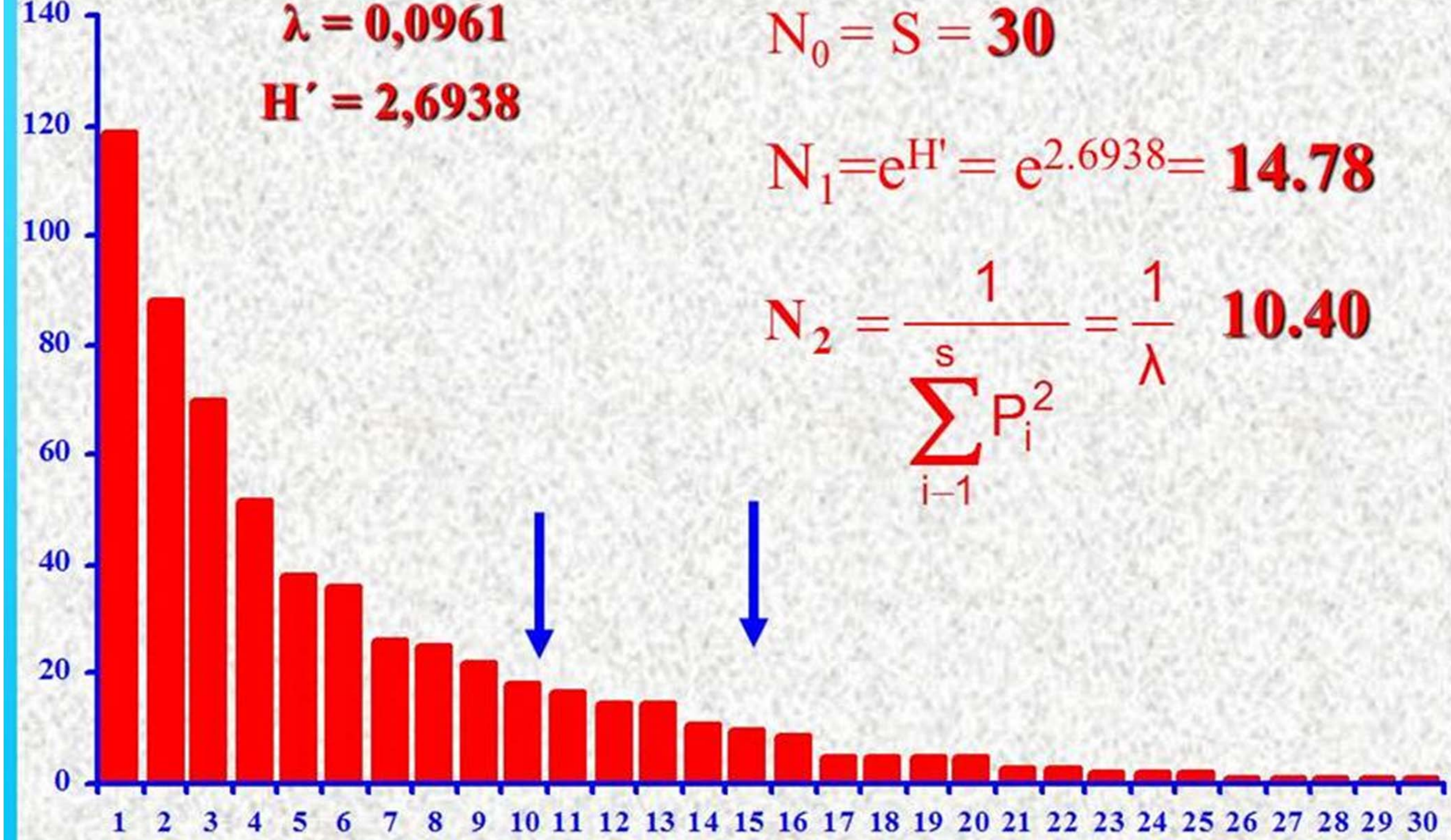
$$\lambda = 0,0961$$

$$H' = 2,6938$$

$$N_0 = S = \mathbf{30}$$

$$N_1 = e^{H'} = e^{2.6938} = \mathbf{14.78}$$

$$N_2 = \frac{1}{\sum_{i-1}^{s} P_i^2} = \frac{1}{\lambda} \quad \mathbf{10.40}$$



Δείκτες Ισομέρειας (Evenness)

Η ισομέρεια αντανακλά τις λειτουργικές σχέσεις μεταξύ των ειδών (π.χ. θήρευσης, ανταγωνισμού, παρασιτισμού, συμβίωσης) ή τη συγκριτική ικανότητα αναπαραγωγής των διαφόρων ειδών κλπ.

Η ισομέρεια εκφράζεται συνήθως ως ο λόγος της εκάστοτε ποικιλότητας προς την μεγίστη δυνατή ποικιλότητα που η βιοκοινότητα θα μπορούσε να έχει με τον ίδιο αριθμό ειδών, δηλ.

$$\mathbf{J} = \frac{\mathbf{H'}}{\mathbf{H'\,max}} = \frac{\mathbf{H'}}{\mathbf{\ln S}}$$

N_0 = όλα τα είδη,
N_1= τα άφθονα είδη και
N_2 = τα πολύ άφθονα είδη

$$J = E_1 = \frac{\ln N_1}{\ln N_0}$$

$$E_4 = \frac{N_2}{N_1}$$

$$E_3 = \frac{N_1 - 1}{N_0 - 1}$$

$$E_2 = \frac{N_1}{N_0}$$

$$E_5 = \frac{N_2 - 1}{N_1 - 1}$$

Οι δείκτες αυτοί έχουν διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας στην μεταβολή της κατανομής των ατόμων στα είδη αλλά και στη μεταβολή του αριθμού των ειδών, όπως φαίνεται και στο παρακάτω αριθμητικό παράδειγμα:

Δείγμα	Αρ. Ειδών	Κατανομή ατόμων				Δείκτες ισομέρειας				
		1ο είδος	2ο είδος	3ο είδος	4ο είδος	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
Α	3	500	300	200		0,94	0,93	0,90	0,94	0,91
Β	3	700	200	100		0,73	0,74	0,61	0,83	0,69
Γ	4	500	299	200	*1*	0,75	0,71	0,61	0,94	0,90

Για τα δείγματα Α και Β: Όπως αναμενόταν στο δείγμα Β όλοι οι δείκτες ισομέρειας είναι μικρότεροι των αντίστοιχων δεικτών του δείγματος Α το οποίο έχει πιο ισομερή κατανομή των ατόμων στα τρία είδη. Ο βαθμός όμως μείωσης διαφέρει κάπως από δείκτη σε δείκτη.

Για το δείγμα Γ, στο οποίο προστέθηκε ένα πολύ σπάνιο είδος *(που αντιπροσωπεύεται με ένα μόνο άτομο)* η μεταβολή των δεικτών ισομέρειας-σε σχέση με το δείγμα Α- είναι πιο δύσκολο να ερμηνευτεί. Είναι πάντως προφανές ότι οι δείκτες Ε4 και Ε5 έχουν πολύ μικρή ευαισθησία σε μεταβολές αυτής της φύσης στη σύνθεση του δείγματος γιατί αγνοούν το σπάνιο είδος.