

Multivariační metody v taxonomii

Karol Marhold

kontakt:

karol.marhold@savba.sk

prezentácie dostupné na:

<https://botany.natur.cuni.cz/brassiploidy>

Fenetický prístup (multivariačné metódy; “pattern”; zhluková analýza, ordinačné metódy, diskriminačná analýza)

Kladistický prístup (parsimonická analýza)

Alternatívne prístupy k rekonštrukcii fylogeniezy
(metóda spájania susedných objektov – *neighbour joining method*; metódy najväčšej pravdepodobnosti – *maximum likelihood*; Bayesovské metódy – *Bayesian statistical methods*)

Geometrická morfometrika (Booksteinove súradnice tvaru, Prokrustova analýza, metóda ohybných pásiek - *thin plate spline*)

Softvér: MorphoTools2, SYN-TAX 2000,
[PAUP* version 4.0, beta version 10 (<http://paup.csit.fsu.edu/>),
ďalší špecializovaný softvér]

Fenetický prístup

Michel Adanson (1727-1806)

Familles des Plantes (1763)

65 rôznych klasifikácií,
založených vždy na jednom
znaku (napr. placentácia, typ
súkvvetia ...)

P R E F A C E			
11. Blitons.	12. Q. Pourpier.	10. Orchis.	21. P. Chevre-feuille.
17. CLASSE.	41. Q. Roüera.	11. Aristoloches.	22. M. Aireles.
<i>Etamines sur le Calice & sur l'Overe ensemble.</i>	18. CLASSE.	20. CLASSE.	23. Apocins.
	<i>Etamines sur l'Overe.</i>	<i>Etamines sur la Corole.</i>	24. Bouraches.
12. Elagues.	9. 6. Jousabres.	9. 10. Jousabres.	25. Labies.
13. Onagres.	11. 11. Aristoloches.	16. Composées.	26. Vervènes.
14. Mirtes.	19. CLASSE.	17. Campanules.	27. Personées.
15. Umbellifères.	<i>Etamines sur le fil de l'Overe.</i>	18. Brioncs.	28. Solanons.
16. 2. Chevre-feuille.		19. Apocins.	29. Anagallis.
		20. Scabieuses.	31. Q. Pourpier.
			32. Q. Joubarbes.
			34. Q. Alines.
	42. Systeme. Etamines; leur figure respective.		
1. CLASSE.	21. Chevre-feuilles.	3. CLASSE.	5. CLASSE.
<i>Plantes sans Etamines.</i>	22. Aireles.	<i>Etamines réunies toutes ensemble par les fils en un faisceau.</i>	<i>Etamines réunies par les fils en plus de 2 corps.</i>
1. Bifus.	23. 26 Apocins.	5. 3 Fucus.	41. 2. Légumineux.
2. Champignons.	24. Bouraches.	6. Palmiers.	52. 2. Crucifères.
3. 6 Fucus.	25. Labies.	8. 2. Liliacés.	54. 7. Cistes.
	26. Vervènes.	11. 4. Aristoloches.	
2. CLASSE.	27. Personées.	76. Jaiaps.	6. CLASSE.
<i>Etamines distinctes les unes des autres.</i>	28. 9 Solanons.	37. Amarautes.	<i>Etamines réunies par les anthers seulement.</i>
	29. Jafnens.	42. Efpagoues.	
	30. Anagallis.	43. 26 Légumineux.	
	31. Salicées.	44. 16 Pistachiers.	
	32. Pourpier.	45. 21 Ticinaux.	
	33. Joubarbes.	49. Geraniums.	
	34. Alines.	50. Mauges.	
	35. Blitons.	51. Capriers.	
	36. Geraniées.	57. Pins.	
	40. Caron.		
	41. Roüera.		
	42. Jujubiers.		
	43. 22 Légumineux.		
	44. 16 Pistachiers.		
	45. 12 Ticinaux.		
	46. Anoncs.		
	47. Chevre-feuille.		
	48. Tilleuls.		
	51. 42 Crucifères.		
	52. 16 Pavots.		
	54. 64 Cistes.		
	55. Renouées.		
	56. Acous.		
	58. Moutins.		
		4. CLASSE.	
		<i>Etamines réunies par les fils en 2 corps.</i>	
		45. 61 Légumineux.	
			7. CLASSE.
			<i>Etamines réunies par les fils & les anthers ensembles.</i>
			55. 2 Apocins.

Fenetický prístup

Department of Entomology, University of Kansas, Lawrence, U.S.A.

Michener, Ch.D. & Sokal, R.R. 1957. A quantitative approach to a problem in classification. *Evolution* 11: 130-162.

Department of Microbiology, University of Leicester, U.K.

Sneath, P.H.A. 1957. Some thoughts on bacterial classification. *J. Gen. Microbiol.* 17: 184-200.

Sokal, R.R. & Sneath, P.H.A. 1963. *Principles of numerical taxonomy*. W. H. Freeman and comp., San Francisco & London.

Sneath, P.H.A. & Sokal, R.R. 1973. *Numerical taxonomy, the principles and practice of numerical classification*. W. H. Freeman and comp., San Francisco.

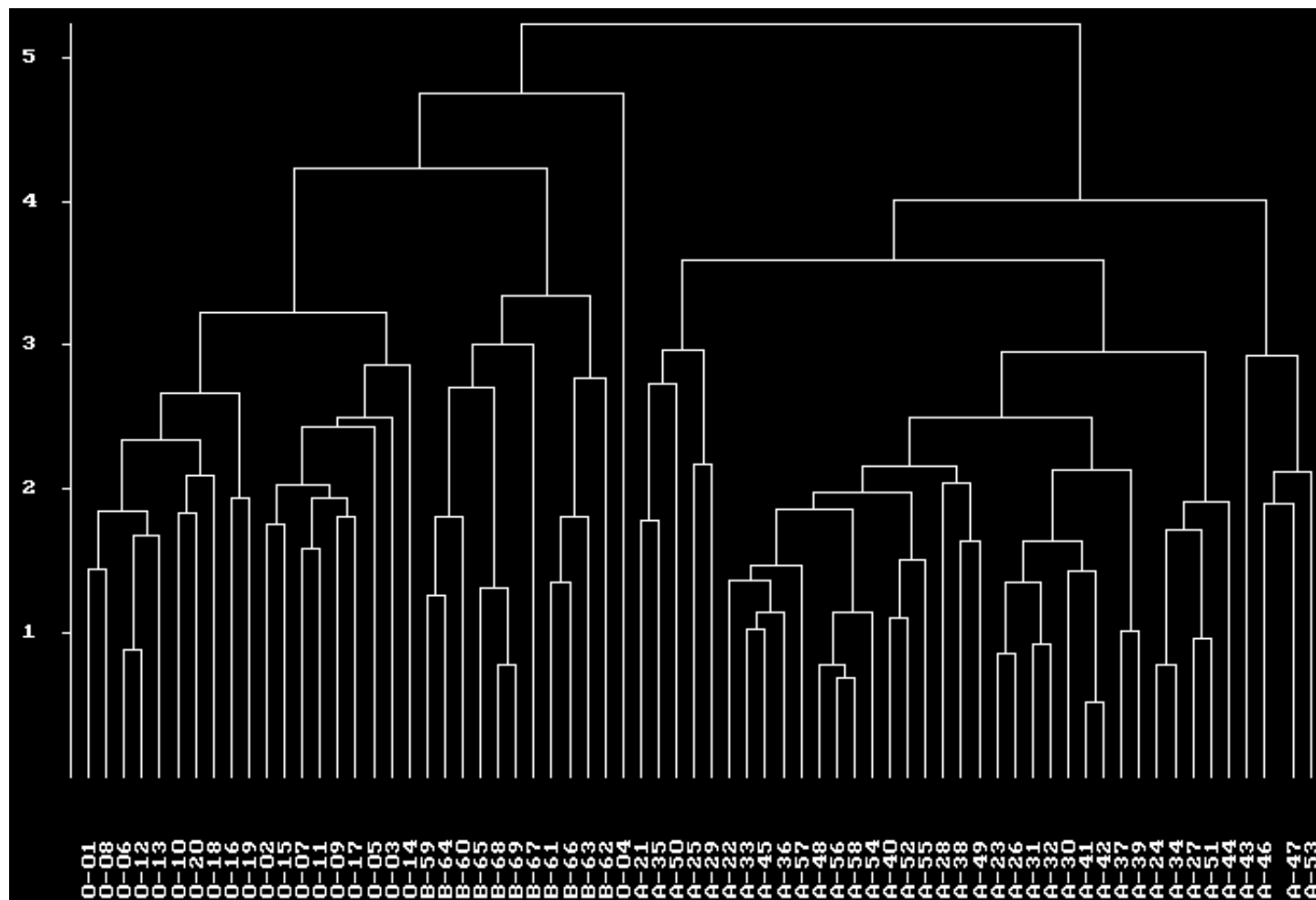
Neo-adansonovské princípy

- Čím väčší je **obsah informácie** v taxónoch a na čím väčšom počte znakov je klasifikácia založená, tým je táto klasifikácia lepšia.
- Každý **znak** má pri tvorbe taxónov **rovnakú váhu**.
- Celková **podobnosť** medzi akýmikol'vek dvomi jednotkami je funkciou podobností v jednotlivých znakoch.
- Taxóny sa rozoznávajú na základe toho, že sa **korelácie** medzi znakmi v rôznych skupinách líšia.
- **Úsudky o fylogenéze** sa môžu robiť z taxonomickej štruktúry skupiny a z korelácií medzi znakmi. Berú sa pritom do úvahy určité predpoklady (premisy) o evolučných cestách a mechanizmoch.
- Taxonómia sa považuje za **praktickú a empirickú vedu**.
- Klasifikácie sa zakladajú na **empirickej podobnosti**.

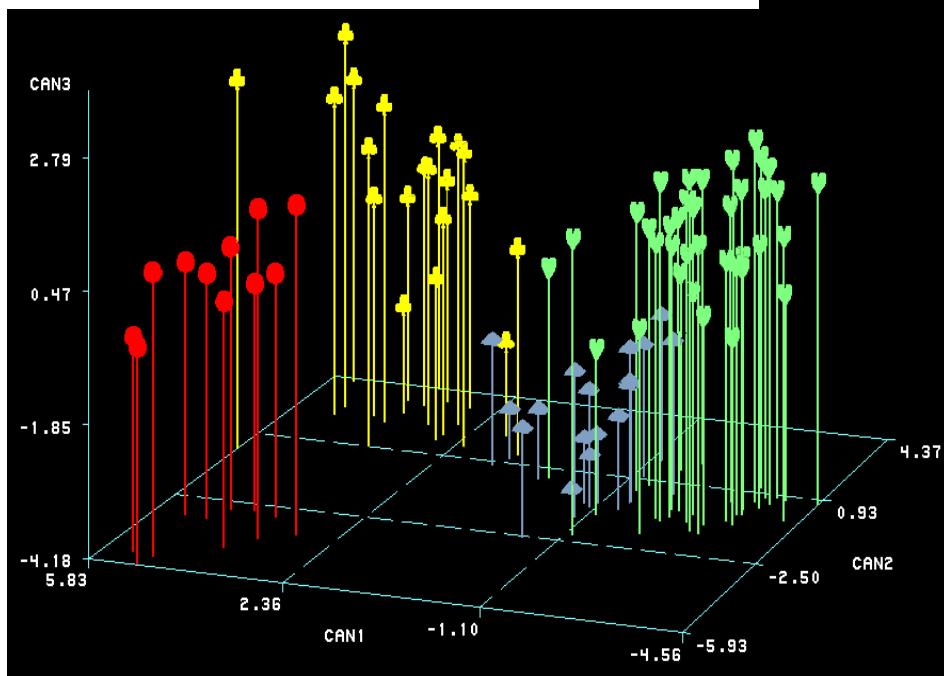
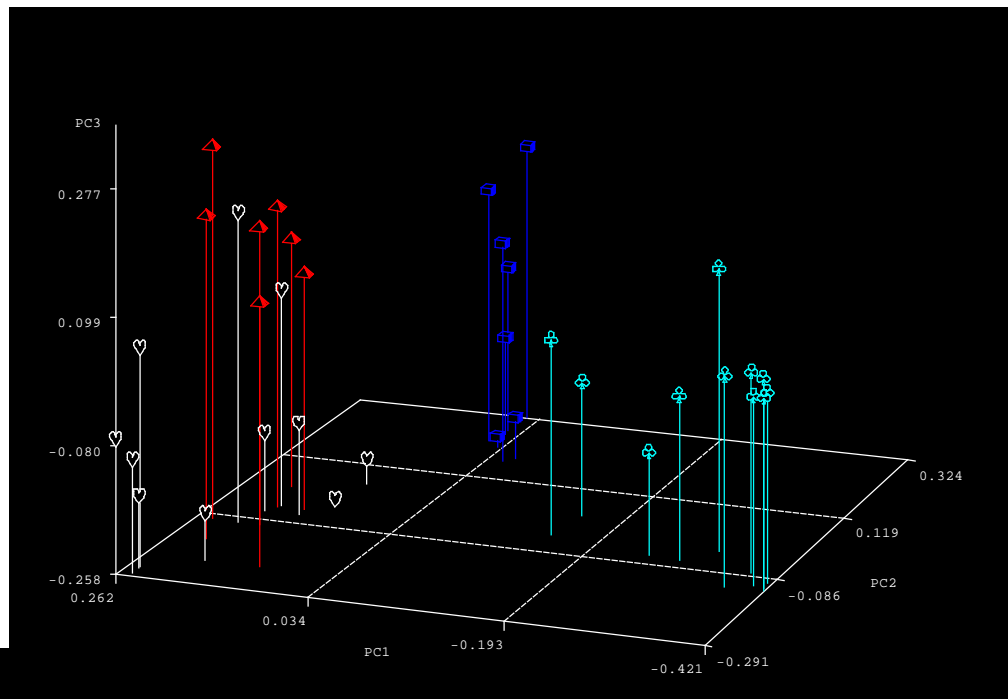
Fenetický prístup

- Termíny: numerical taxonomy (Sokal & Sneath), statistical systematics (Solbrig), numerical phenetics (Duncan & Baum), multivariate morphometrics (Blackith & Reyment)
- Operačné taxonomické jednotky (OTU)
- Znaky, primárna matica, počet znakov, korelácie
- Koeficienty vyjadrujúce vzťahy medzi znakmi alebo objektmi, sekundárna matica
- Multivariačné metódy (zhlukovacie metódy, ordinačné metódy, diskriminačná analýza)
- Rôzne metódy môžu priniesť rôzne výsledky
- Využitie metód v minulosti a v súčasnej taxonomickej praxi (infrašpecifická variabilita, polyploidné komplexy, štúdium morfolologickej variability v rozsiahlych areáloch, molekulárne dáta)

Zhlukovacia analýza



Analýza hlavných komponentov



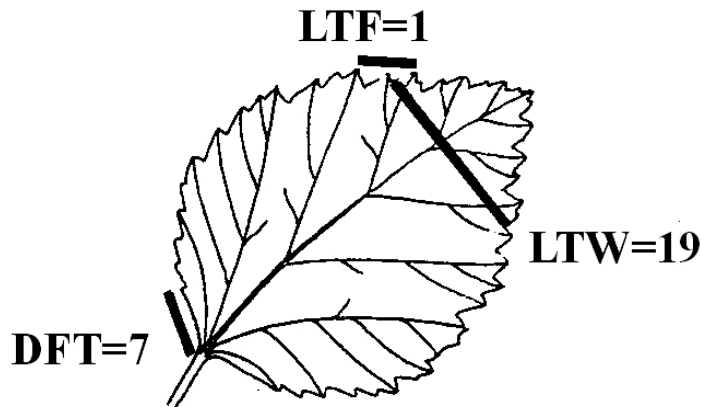
Kanonická diskriminačná analýza

Klasifikačná diskriminačná analýza

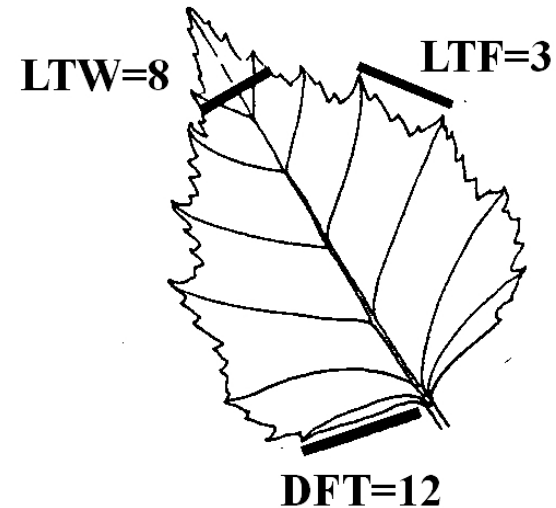
skupina príslušnosť rastlín k stanoveným skupinám predpovedaná na základe vytvoreného klasifikačného kritéria (absolútny počet a percento rastlín klasifikovaných do jednotlivých skupín)

	amara	austr.	olot.	opicii	pyren.	Celkom
amara	349	20	3	1	7	380
	91.84	5.26	0.79	0.26	1.84	100.00%
austriaca	51	302	1	6	8	368
	13.86	82.07	0.27	1.63	2.17	100.00%
olotensis	2	0	99	0	0	101
	1.98	0.00	98.02	0.00	0.00	100.00%
opicii	1	9	0	326	42	378
	0.26	2.38	0.00	86.24	11.11	100.00%
pyrenaea	1	11	0	19	207	238
	0.42	4.62	0.00	7.98	86.97	

B. pubescens = -35



B. pendula = +21



Diskriminačná funkcia na určenie druhov *Betula pubescens* a *B. pendula*

$12LTF + 2DFT - 2LTW - 23$

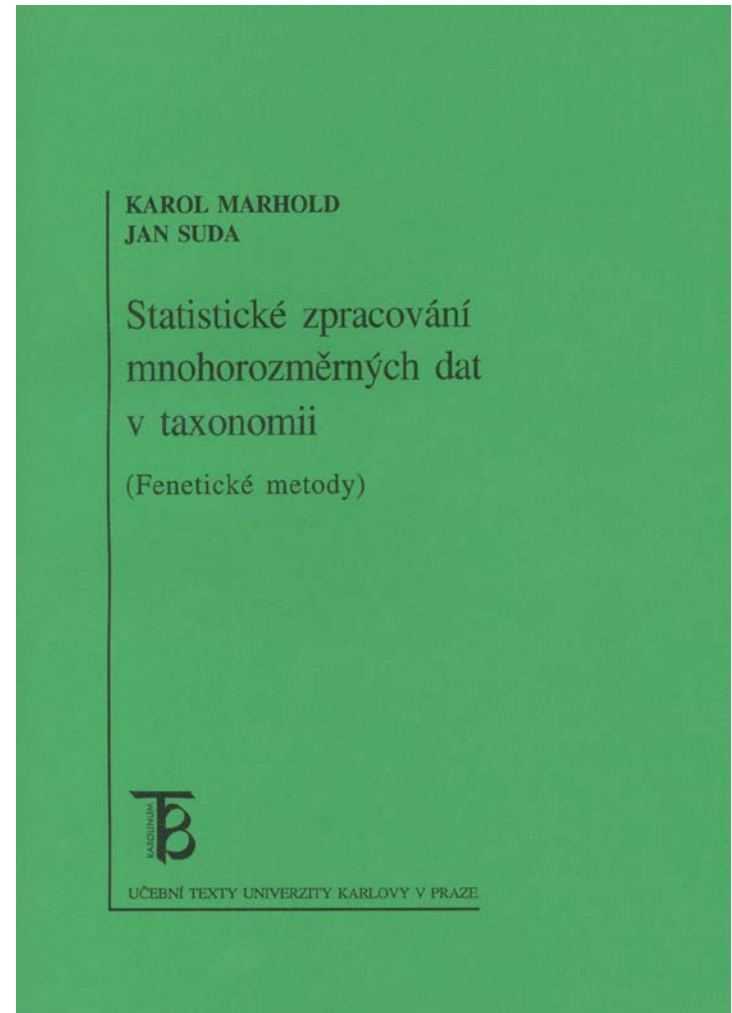
kladné hodnoty *B. pendula*

záporné hodnoty *B. pubescens*

pravdepodobnosť správneho určenia 93%

(Stace, C. A., 1991, New Flora of the British Isles)

Marhold, K. & Suda, J. 2002: *Statistické zpracování
mnohorozměrných dat v taxonomii*. Karolinum, Praha.

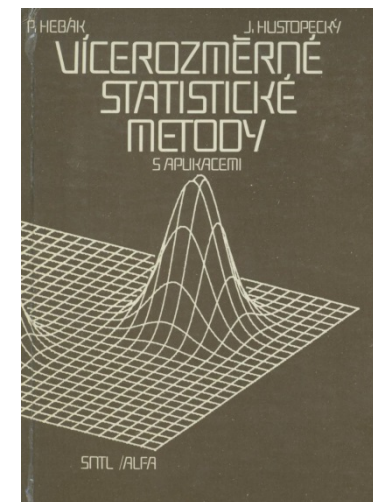


Hebák, P. & Hustopecký, J. 1987: *Vícerozměrné statistické metody s aplikacemi*. SNTL – nakladatelství technické literatury, Alfa, vydavatelství technické a ekonomické literatury, Praha.

Hebák, P., Hustopecký, J., Jarošová, E. & Pecáková, I. 2007. *Vícerozměrné statistické metody (1)*. Ed. 2. Informatorium, Praha.

Hebák, P., Hustopecký, J. & Malá, I. 2005. *Vícerozměrné statistické metody (2)*. Informatorium, Praha.

Hebák, P., Hustopecký, J., Pecáková, I., Průša, M., Řezanková, H., Svobodová, A. & Vlach, P. 2007. *Vícerozměrné statistické metody (3)*. Ed. 2. Informatorium, Praha.

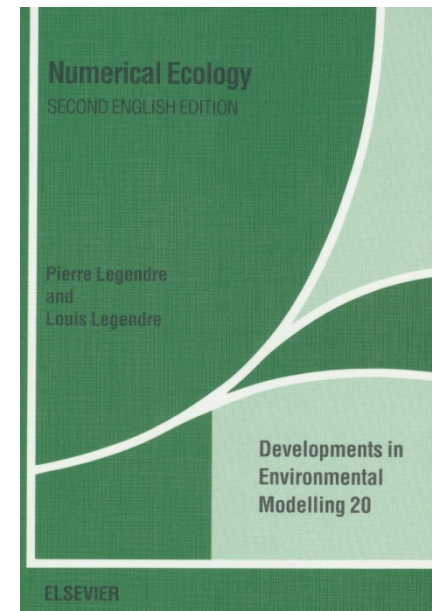
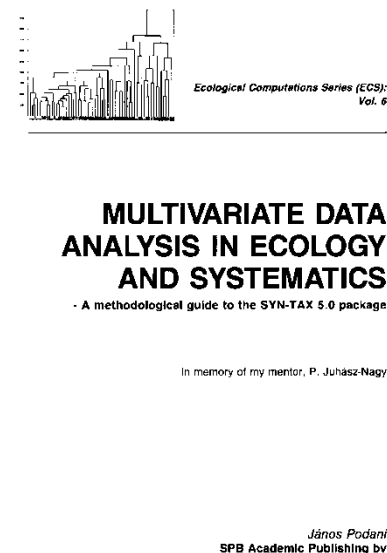
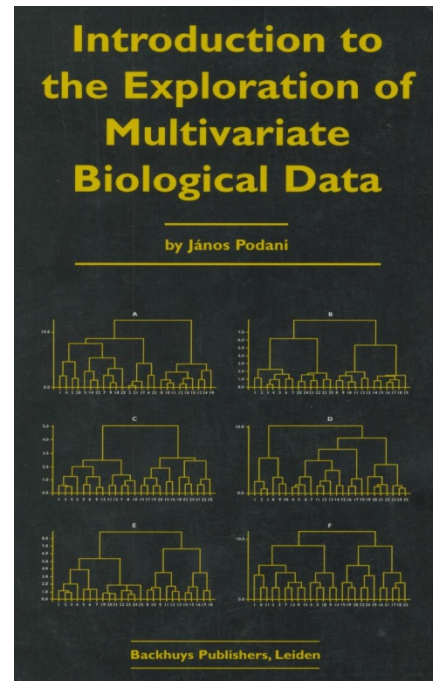
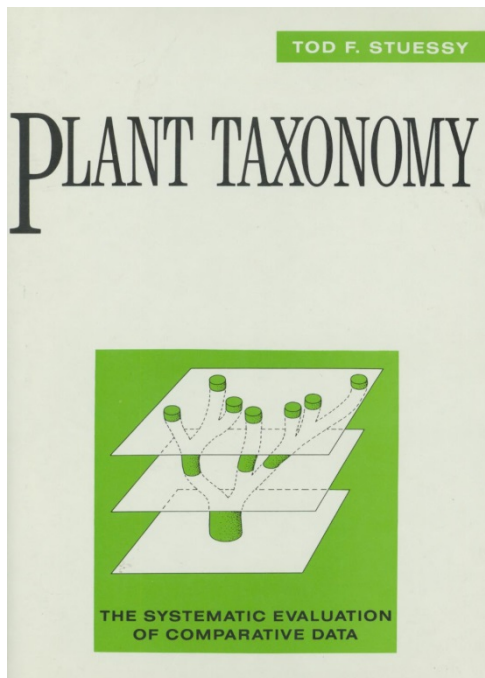


Legendre, P. & Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Second English edition. Elsevier, Amsterdam.

Podani, J. 1994. *Multivariate data analysis in ecology and systematics*. SPB Academic Publishing bv, The Hague.

Podani, J. 2000. *Introduction to the exploration of multivariate biological data*. Backhuys Publishers, Leiden.

Stuessy, T. F. 1990. *Plant taxonomy: the systematic evaluation of comparative data*. Columbia University Press, New York.



Kladistický přístup

Hennig, W.

1950: *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*. Deutsche Zentralverlag, Berlin.

1965: Phylogenetic systematics. *Annual Review of Entomology* 10: 97-116.

1966: *Phylogenetic systematics*. University of Illinois Press, Urbana.

Botanika:

Koponen, T., 1968: Generic revision of Mniaceae Mitt. (Bryophyta). *Ann. Bot. Fenn.* 5: 117-151.

Funk, V. & Stuessy, T. F. 1978: Cladistics for practicing plant taxonomist. *Syst. Bot.* 3: 159-178.

Bremer, K. & Wantorp, H.- E. 1978: Phylogenetic systematics in botany. *Taxon* 27: 317-329.

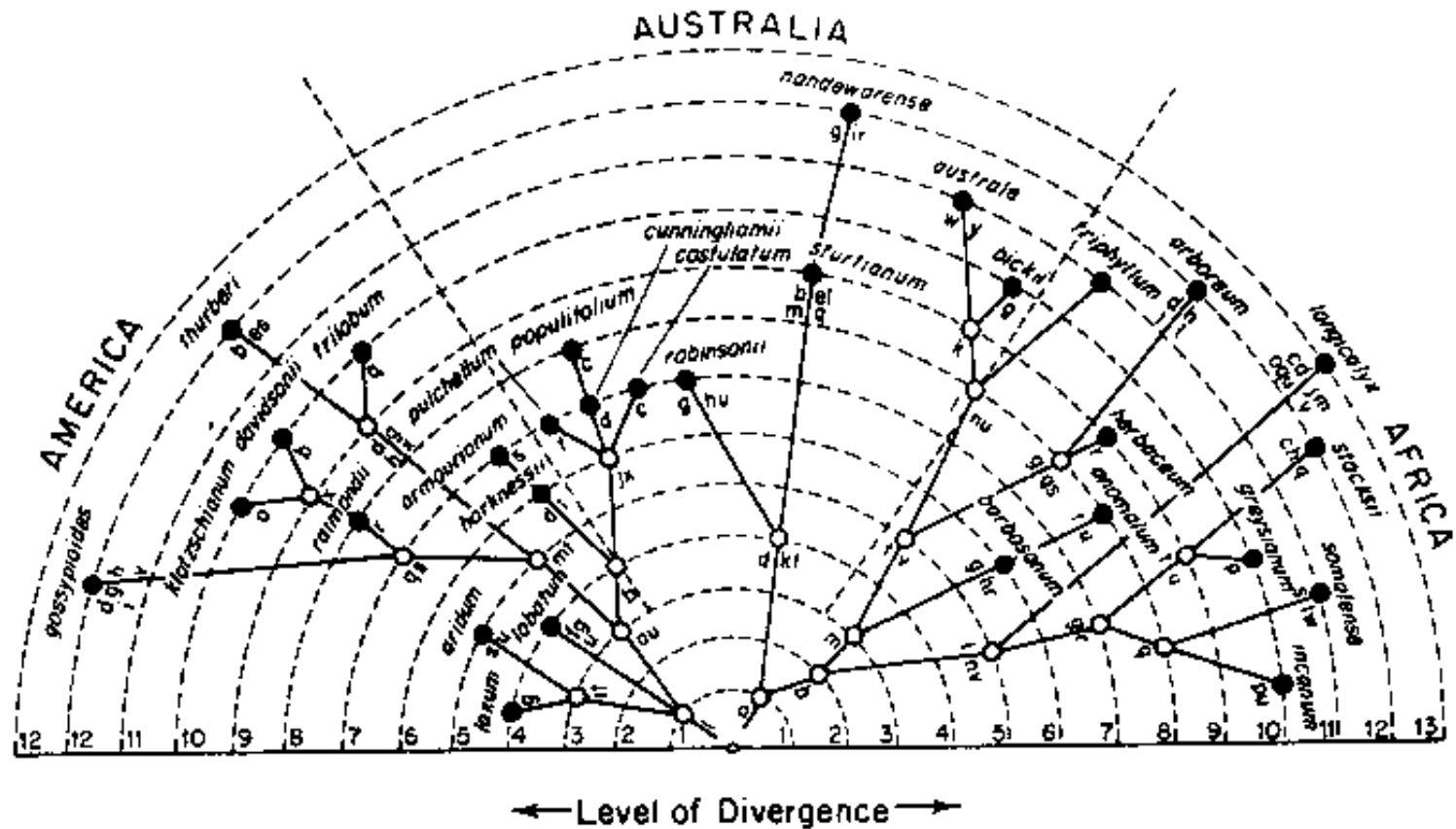


Fig. 2.17 Cladogram (Wagner tree) of 30 species of *Gossypium* (Malvaceae), modified from Frywell¹⁴².

W.H. Wagner, University of Michigan - Groundplan/divergence method

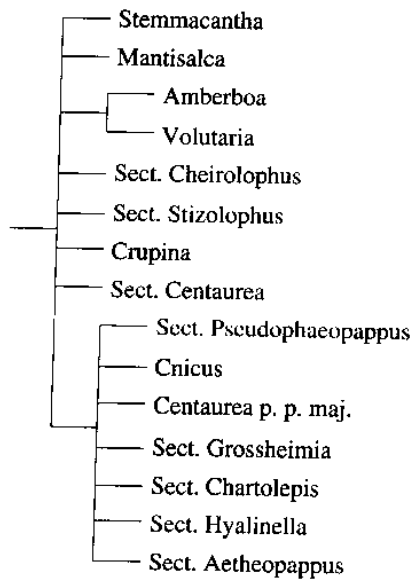


FIGURE 8-4. Strict consensus tree of six equally parsimonious cladograms of *Centaurea* sections and related genera based on cypselae characters from Dittrich (1966, pp. 138-139). The data matrix is given in Table 8-4.

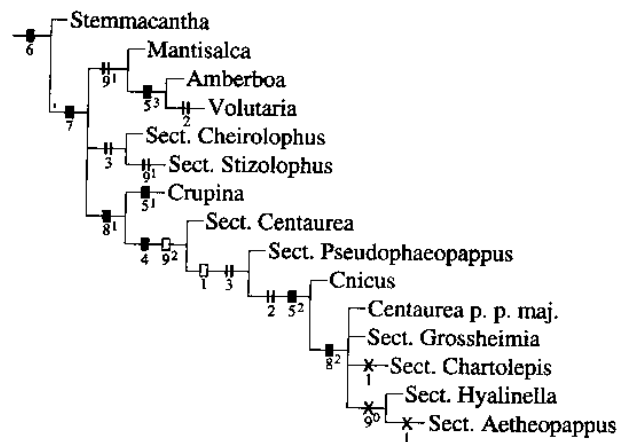


FIGURE 8-5. One of six equally parsimonious cladograms of *Centaurea* sections and related genera based on cypselae characters from Dittrich (1966, pp. 138-139). The characters are given in Table 8-3 and the data matrix in Table 8-4. Solid bars indicate nonhomoplastic synapomorphies; open bars indicate homoplastic synapomorphies with reversals; double bars indicate parallelisms; crosses indicate reversals.

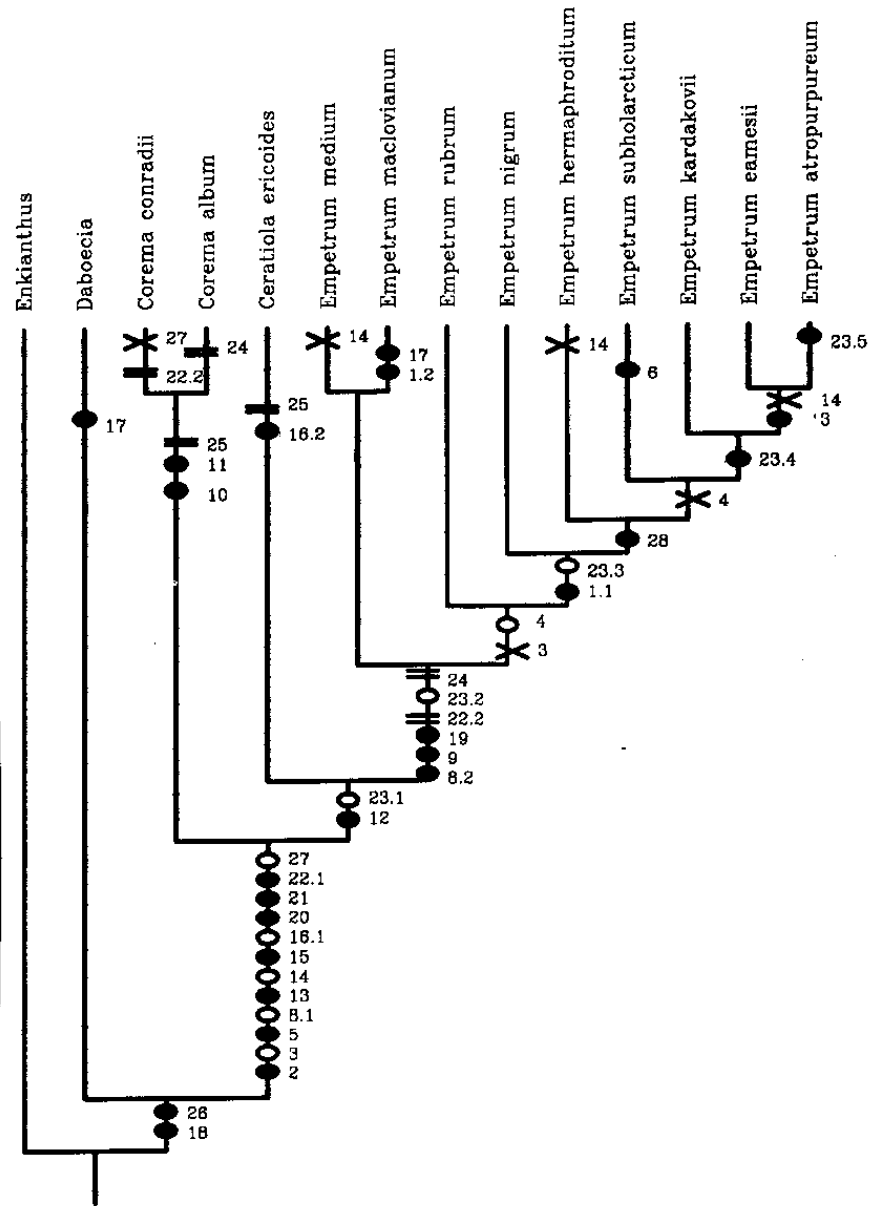
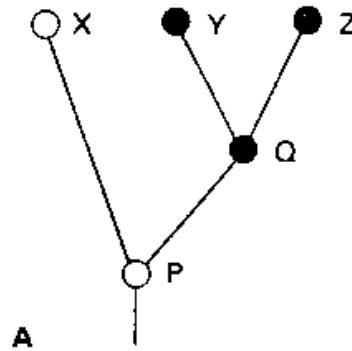
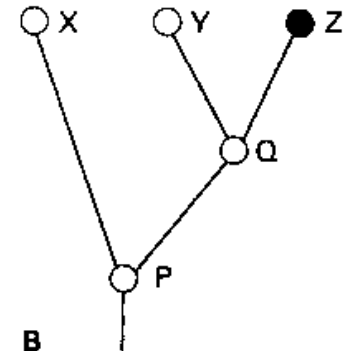


FIG. 2. One of five equally parsimonious cladograms of the Empetraceae. *Enkianthus* and *Daboecia* are outgroup taxa. Characters are numbered in accordance with the text, Appendix 1, and with Table 1. Black dots = synapomorphies (ci = 1), white dots = synapomorphies (ci < 1), parallel lines = parallelisms, crosses = reversals.

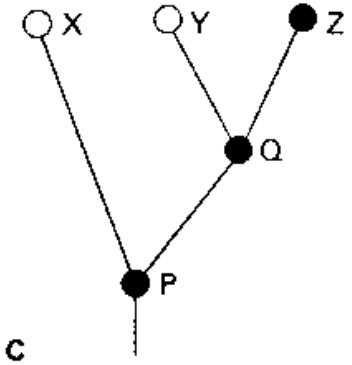
A Y-Z, X-Y-Z
monofyletické skupiny



B X-Y parafiletická
skupina



C X-Y polyfyletická
skupina, paralelizmus



D X-Y polyfyletická
skupina, konvergencia

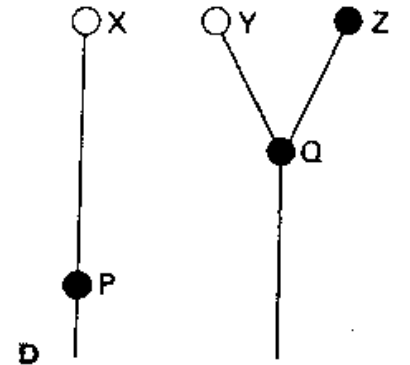


Fig. 2.6 Four diagrams showing different origins of three species (X, Y, Z) from the ancestral taxa P and Q in order to illustrate the concepts of monophyly, paraphyly, polyphyly, parallelism and convergence. The possession of one or other of two contrasting character-states by each of the five taxa is indicated by an open or closed circle respectively. **A.** Groups YZ and XYZ are both monophyletic; the similarity between Y and Z is a synapomorphy; the difference between X and YZ is due to divergence. **B.** Group XY is paraphyletic; group XYZ is monophyletic; the similarity between X and Y is a symplesiomorphy; the difference between Y and Z is due to divergence. **C.** Group XY is polyphyletic; group XYZ is monophyletic; the similarity between X and Y is a false synapomorphy caused by parallelism. **D.** Groups XY and XYZ are both polyphyletic; group YZ is monophyletic; the similarity between X and Y is a false synapomorphy caused by convergence.

Primitívny stav znaku

Pleziomorfia

Sympleziomorfia

Odvođený stav znaku

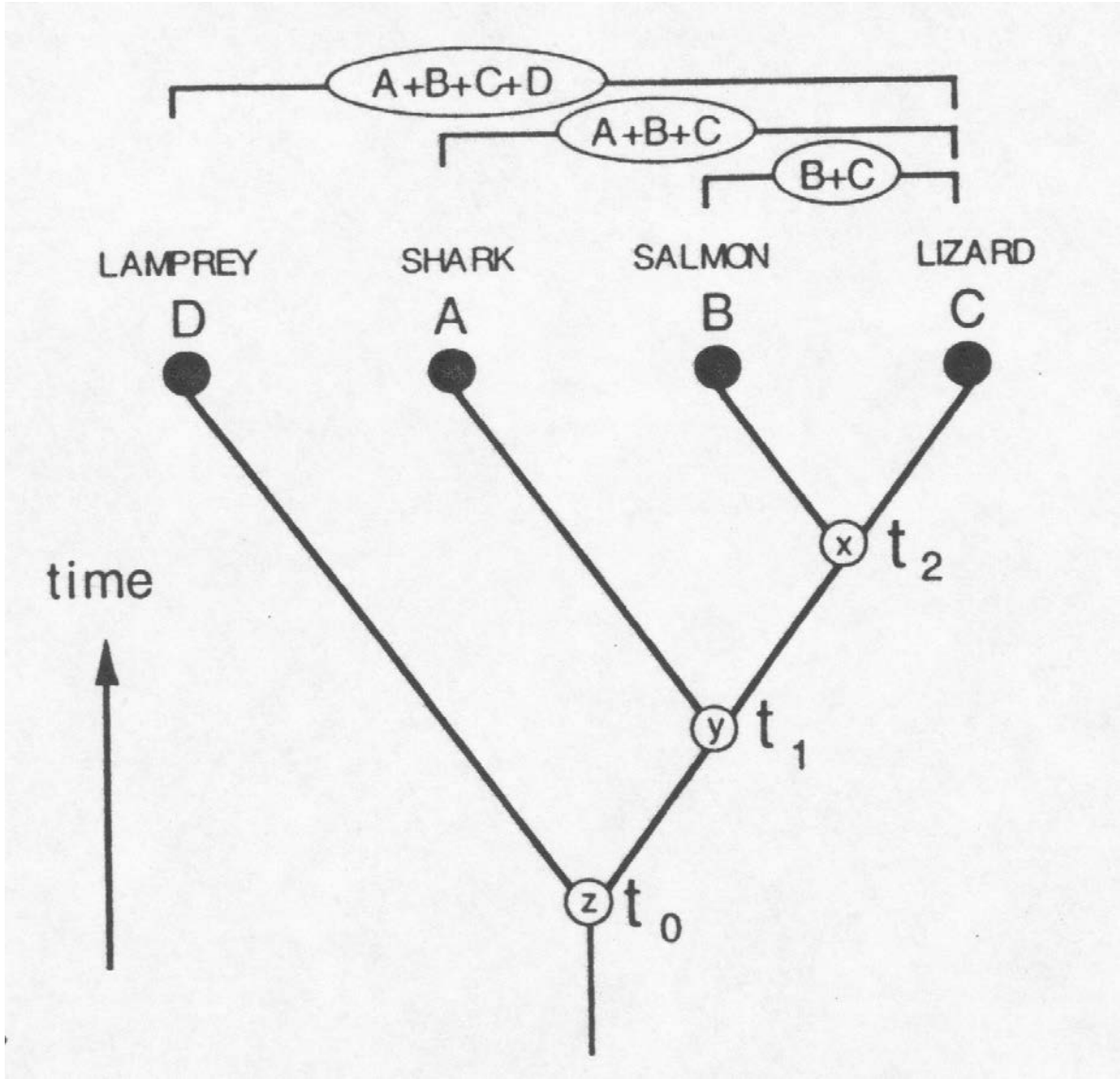
Apomorfia

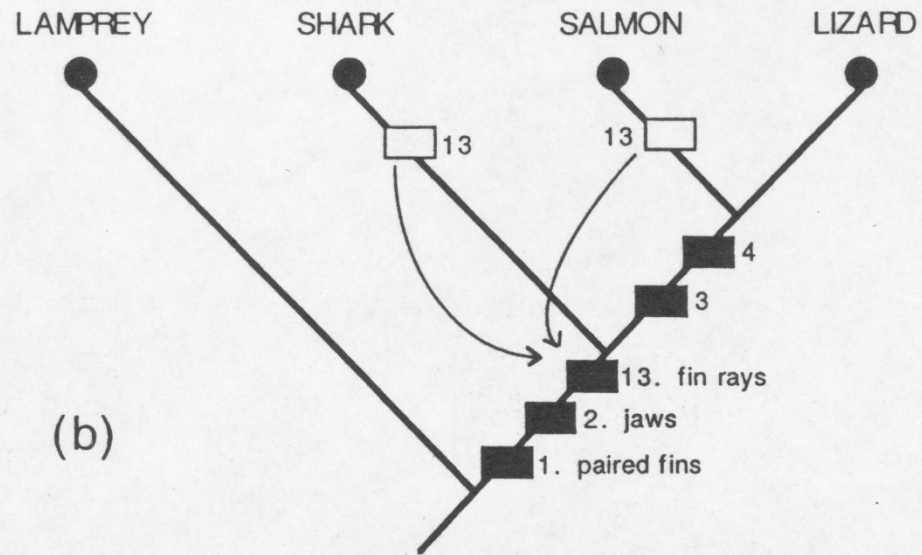
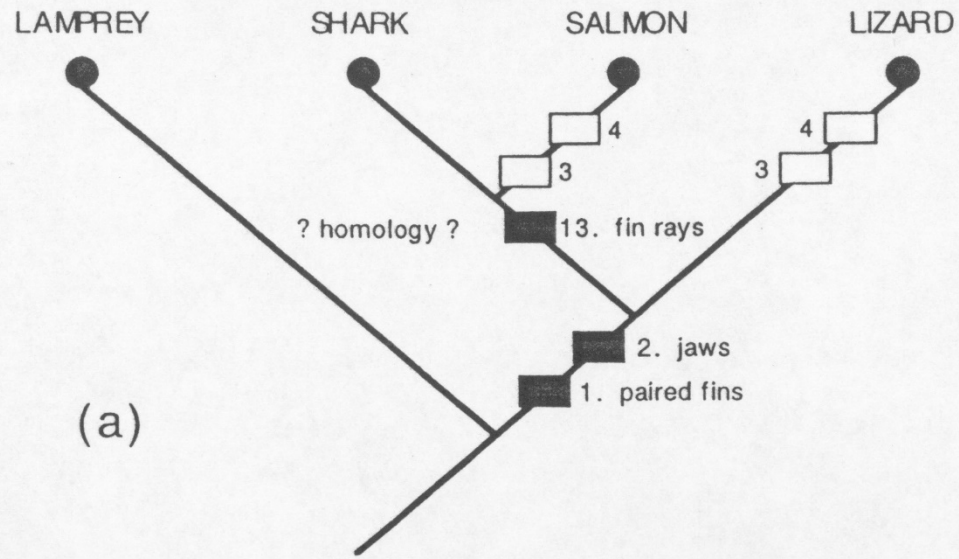
Autapomorfia

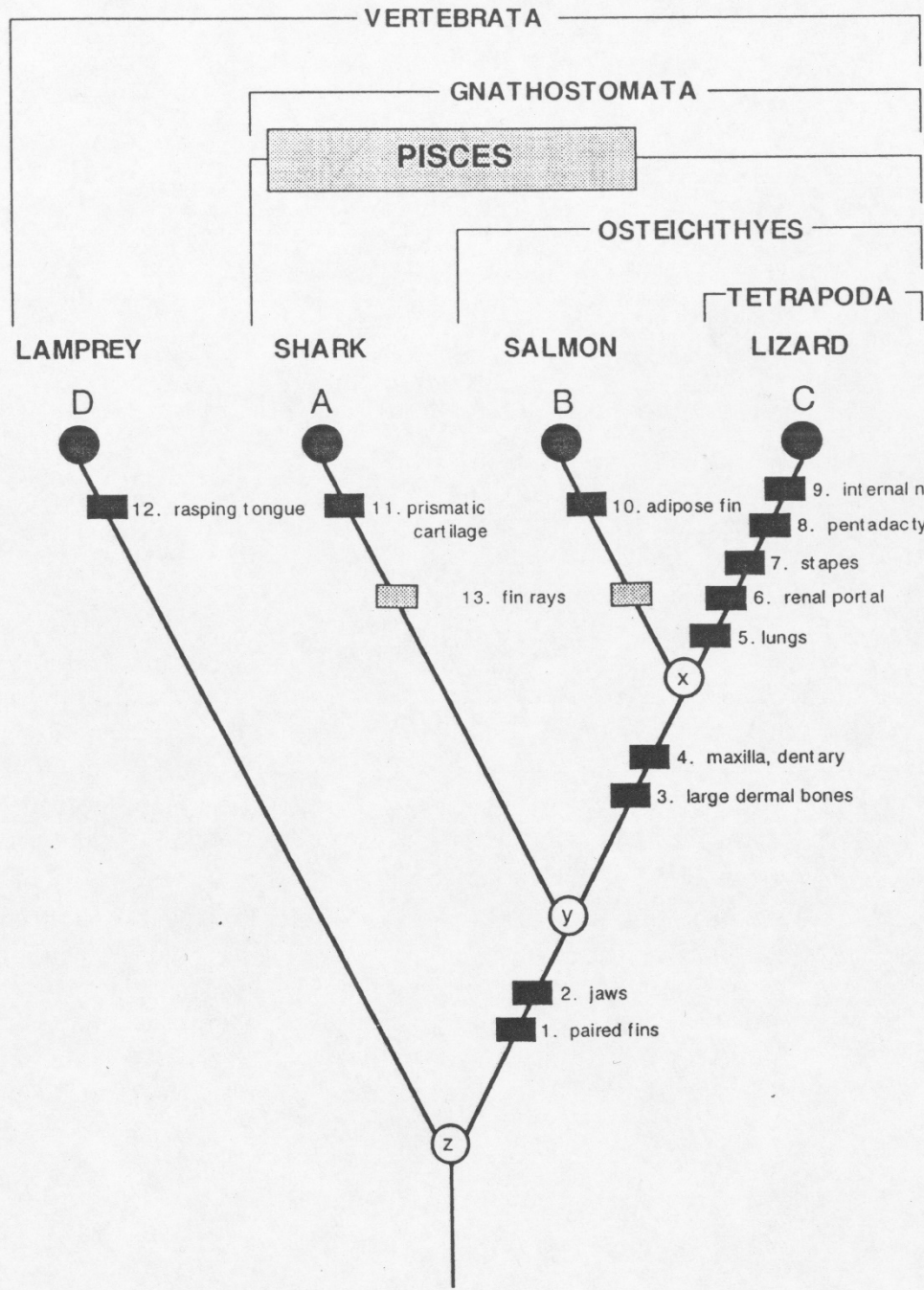
Synapomorfia

Homoplázia = konvergencia + paralelizmus

Mimoskupinové porovnanie (outgroup comparison)







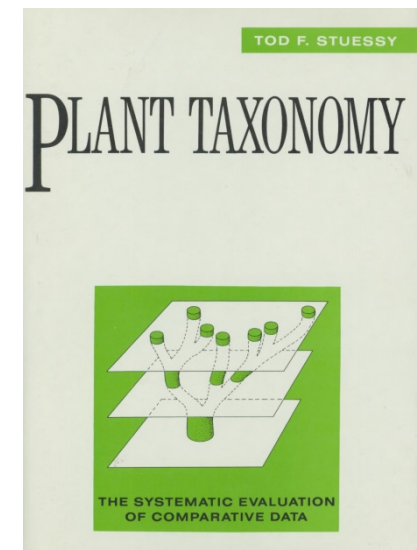
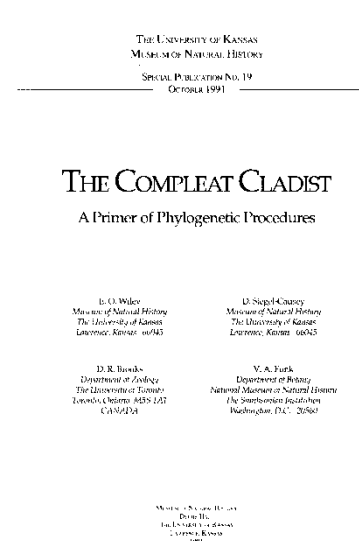
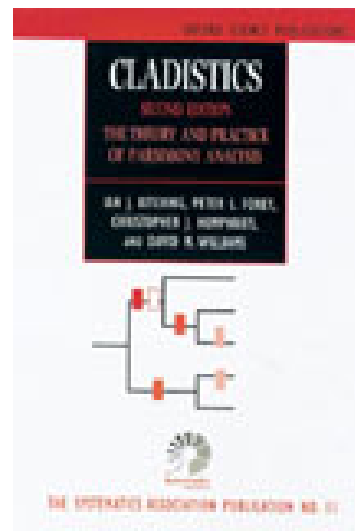
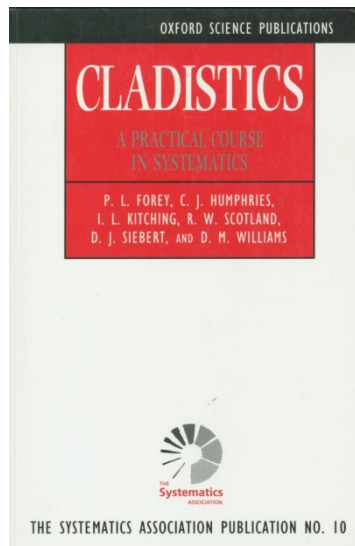
Forey, P.L., Humphries, C.J., Kitching, I.J., Scotland, R.W., Siebert, D.J. & Williams, D.M., 1992. *Cladistics. A practical course in systematics*. Clarendon Press, Oxford.

Kitching, I.J., Forey, P.L., Humphries, C.J. & Williams, D.M., 1998. *Cladistics. The theory and practice of parsimony analysis*. Ed. 2. Oxford University Press, Oxford.

Stuessy, T. F. 1990. *Plant taxonomy: the systematic evaluation of comparative data*. Columbia University Press, New York.

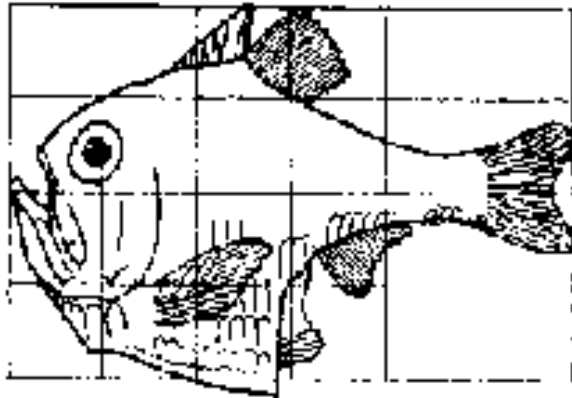
Wiley, E.O., Siegel-Causey, D., Brooks, D.R. & Funk, V.A. 1991. *The compleat cladist, a primer of phylogenetic procedures*. The University of Kansas, Museum of Natural History, Lawrence.

K dispozícii na www stránke: <http://nhm.ku.edu/cc.html>

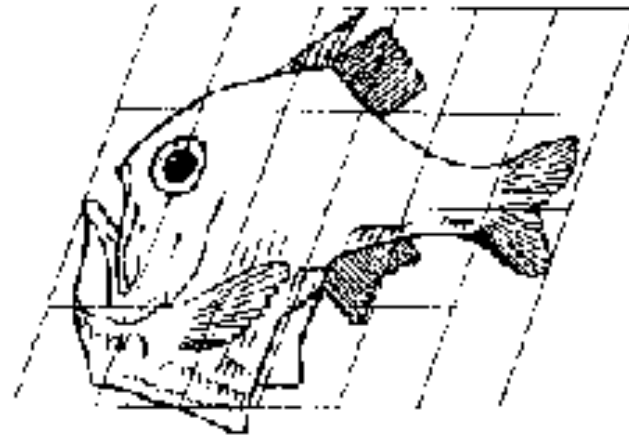


Geometrická morfometrika

Thompson, A. W. 1917. *On growth and form*. Cambridge University Press, Cambridge.

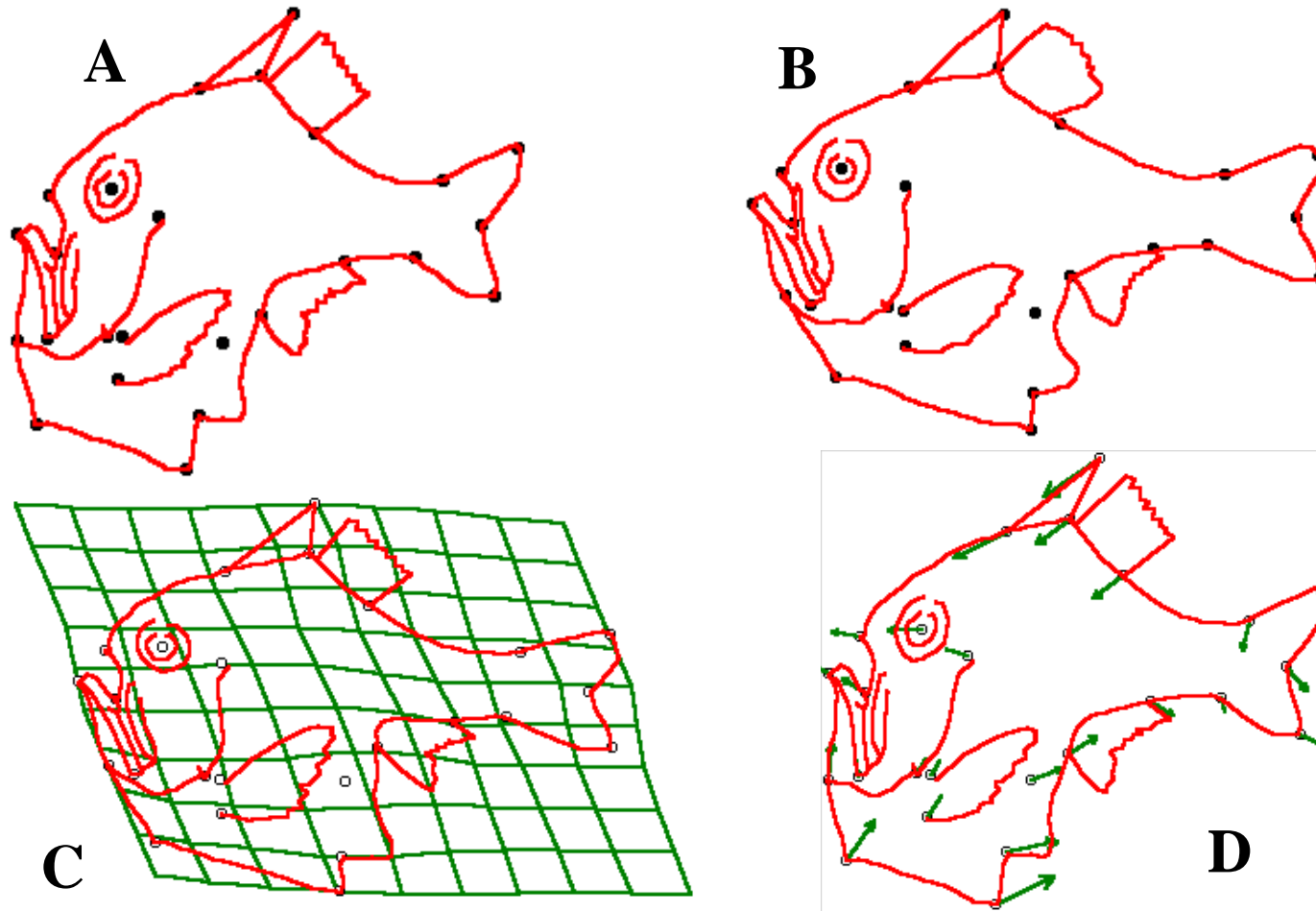


Argyropelecus olfersi.



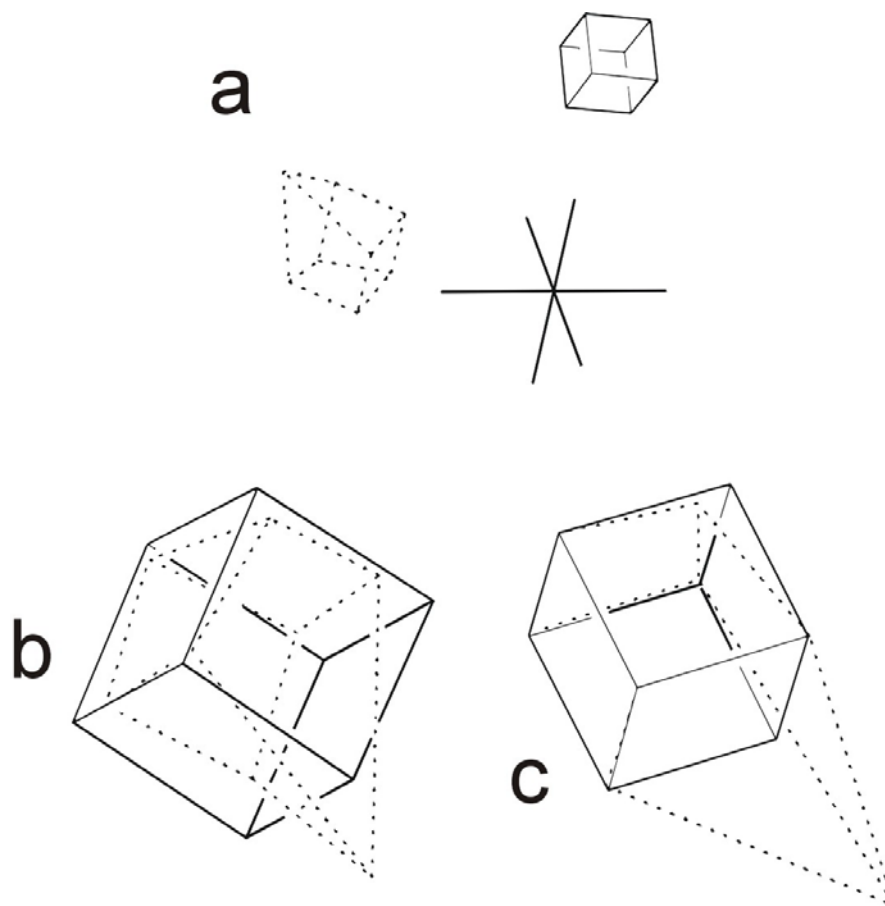
Sternoptyx diaphana.

Geometrická morfometrika



Vzájomné vzťahy tvarov druhov *Stenoptyx diaphana* (A) a *Argyropelecus olfersi* (B) – vzorové dáta z programu tpsSpline (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>), C – zobrazenie celkovej transformácie pomocou ohybnej pásky (*thin-plate spline*), D – to isté vyjadrené pomocou vektorov

Geometrická morfolometrika



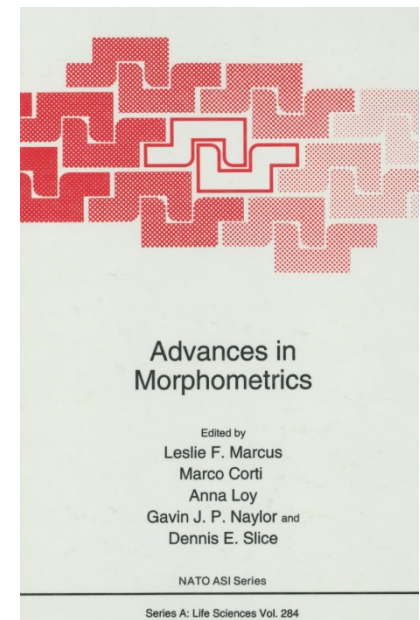
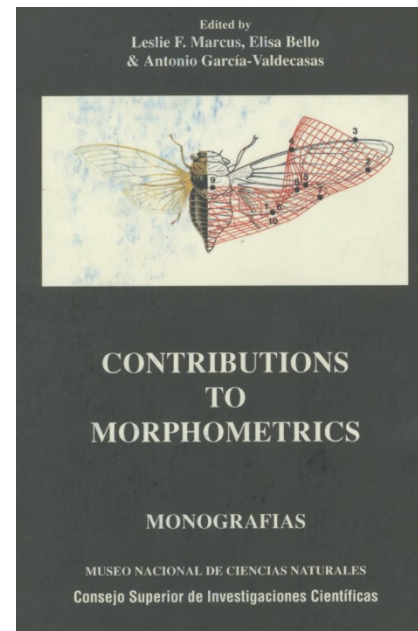
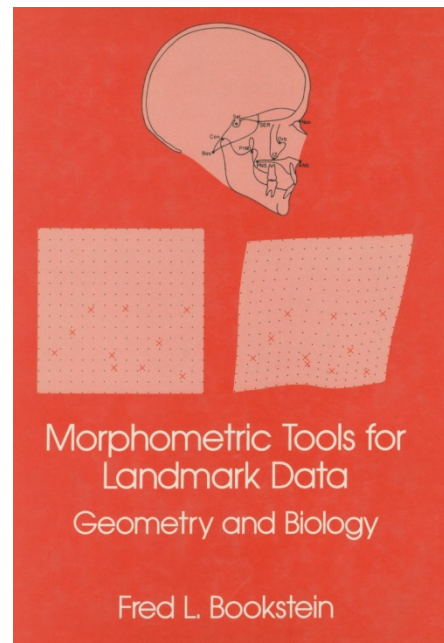
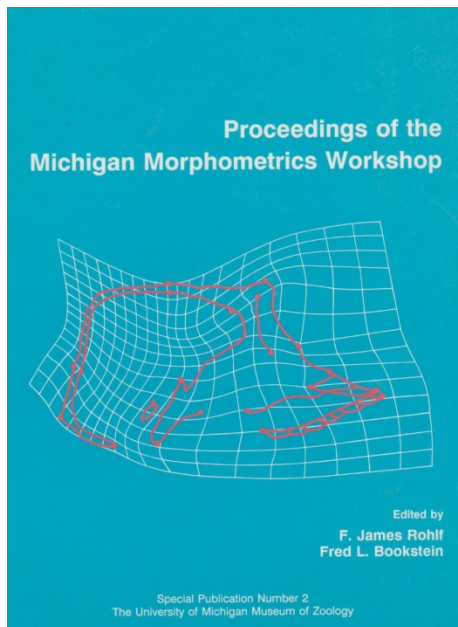
Prokrustova analýza. a – konsenzuálna konfigurácia plnou čiarou, jednotlivý objekt bodkovane; b – superpozícia metódou GLS (rozdíely v pozícii zodpovedajúcich význačných bodov sú porovnateľné); c – superpozícia metódou rezistentného prispôsobenia (objekty sa výrazne líšia v pozícii jediného bodu)

Rohlf, F.J. & Bookstein, F.L., eds., 1990. Proceedings of the Michigan morphometric workshop. *Special Publ. No. 2, The University of Michigan Museum of Zoology*. [Blue book]

Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press, New York. [Red book]

Marcus, L.F., Bello, E. & García-Valdecasas, A., eds., 1993. *Contributions to morphometrics*. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. [Black book]

Marcus, L.F., Corti, M., Loy, A., Naylor, G.J.P. & Slice, D.E., eds., 1996. *Advances in morphometrics. NATO ASI Series A: Life Sciences 284*. [White book]



Macleod, N & Forey, P. 2002. *Morphology, shape and phylogeny*. Taylor and Francis, London, New York.

Macholán, M. 1999. Prokrustes, deformace a nová morfometrie. *Vesmír* 78: 35-39.