

SLOVENSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA TECHNICKÁ
a
ÚSTAV KRAJINNEJ EKOLÓGIE SAV

UČEBNÉ TEXTY

Ekologizácia hospodárenia v krajine

EKOLOGICKÉ PLÁNOVANIE KRAJINY
LANDEP
III.

Analýzy a čiastkové syntézy biotických
zložiek krajiny

**RNDr. H. Hilbert, CSc., Doc.RNDr. A. Jurko, DRSc., Doc. Ing. E. Križová, CSc., Ing. P. Múdry, CSc.,
RNDr. H. Ružičková, CSc., RNDr. J. Šteffek, CSc.**

Banská Štiavnica 1990

Obsah	strana
Úvod	
Cieľ	5
I. Spôsoby analýzy bioty a výstupy pre čiastkové syntézy LANDEP	5
A. Spôsoby klasifikácie vegetácie /Dr.H.Hilbert, CSc./	5
B. Numerická taxonómia /Ing.Z.Šustek, CSc./	7
C. Ekonomické a socioekonomické hodnotenie vegetácie /Doc. Dr. A.Jurko, Dr.Sc./	13
II. Analýzy a čiastkové syntézy a ich poloha v systémovom prístupe /Dr.H. Hilbert, CSc./	24
III. Osobitosti analýz a čiastkových syntéz zložiek bioty	34
A. Lesná vegetácia /Doc.Ing.E. Krížová, CSc./	34
B. Krajinná zeleň /Ing. P. Múdry, CSc./	56
C. Trávnaté porasty v krajine /Dr.H.Ružičková, CSc./	87
D. Synantropná vegetácia súčasného krytu /Dr.H.Hilbert, CSc./	103
E. Iné spoločenstvá prirodzeného charakteru /Dr. H. Hilbert, CSc./	123
F. Živočíchy /Dr.E. Kalivodová, CSc., Dr. J. Šteffek, CSc., Ing. Z. Šustek, CSc./	125

druhov. Na tomto základe sú vyčleňované **formácie**. Týmto spôsobom možno charakterizovať pomerne veľké územia. Nie je vhodný pre veľké mierky.

Klasifikácia podľa dominantných populácií, nazývaná tiež upsalská škola. Je výhodná pre klasifikáciu na druhy chudobných spoločenstiev.

Klasifikácie synúzií. Estónsky botanik Lippmaa a rakúsky botanik Ganis považujú synúziu za ekologicky homogénnejšiu jednotku, ako je asociácia. Využíva sa napr. pri štúdiu synúzií machov, lišajníkov a pod.

Klasifikácie, pri ktorých je určujúci viac vzťah k ekologickým vlastnostiam prostredia /najmä pôdam/, viedli k vytvoreniu rôznych typologických škôl /Sočava, Sukačev/. U nás je najznámejšia **Zlatníkova typologická škola**.

B. NUMERICKÁ TAXONÓMIA /spracoval Ing. Z. Šustek, CSc./

Vyústenie snáh o objektivizáciu klasifikácie predstavujú **numerické klasifikácie**. Ich cieľom je podľa voleného algoritmu /matematického postupu/ roztriediť terénne zápisy a včleniť ich do príbuzných skupín. Vo väčšine prípadov sa pritom vychádza z určenia miery podobnosti vzájomných porovnávaných dvojíc alebo celého súboru. Najčastejšie užívané **indexy** sú **Sørensenov a Jaccardov**. Pri numerických metódach možno s úspechom využiť výpočtovú techniku.

Považovanie vegetačných jednotiek za individuálne /špecifické/ v malom množstve typizácie viedlo k predstave vegetačného kontinua /Ramenský, Gbason/, ktoré možno vzťahovať na gradienty prostredia. Metódy vedúce k takýmto teoretickým i priestorovým reálnym jednotkám sú nazývané **gradientové analýzy /ordinácie/**, ktoré sú i u nás v poslednej dobe vplyvom zahraničia čoraz častejšie.

Numerická taxonómia na rozdiel od intuitívnych klasifikácií umožňuje podľa zvolených kritérií presne vyjadrovať podobnosť klasifikovaných objektov a to na základe jedného alebo viacerých znakov a na tomto základe, dnes už veľmi rozvinutými a sofistikovanými spôsobmi vytvárať klasifikačné systémy, ktoré umožňujú lepšie :

- zisťovať vnútornú štruktúru študovaného súboru javov /v našom prípade napr. spoločenstiev rastlín alebo živočíchov
- vytvárať a overovať hypotézy a umožňujú ich presnejší popis

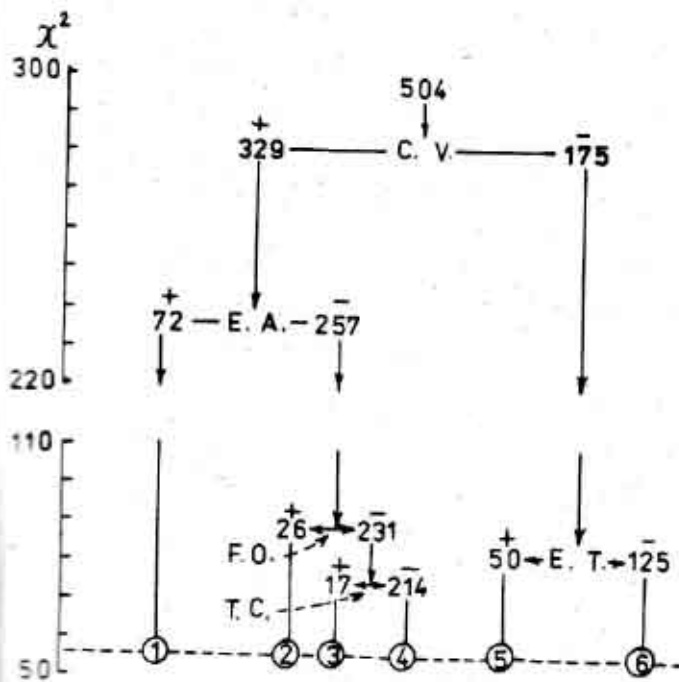
Podľa počtu znakov braných do úvahy pri jednom klasifikačnom kroku rozoznávame metódy **monothetické** vychádzajúce vždy len z jedného znaku, napr. z prítomnosti alebo neprítomnosti určitého druhu v spoločenstve /obr.1/ a metódy **polythetické** zakladajúce klasifikáciu zásadne na viacerých znakoch

súčasne. Tieto znaky podľa povahy klasifikovaného súboru objektov môžu pritom nadobúdať rôznu váhu.

Podľa celkového prístupu ku klasifikovanému súboru objektov rozlišujeme metódy **aglutinačné** /zhlukujúce/ a **divizívne**. Aglutinačné metódy pristupujú ku každému klasifikovanému objektu /napr. spoločenstvu/ ako samostatná jednotka. Hľadajú postupne ďalšie objekty s podobnými vlastnosťami a spájajú ich do väčších skupín, ktoré ďalej vytvárajú, na nižšej hladine podobnosti zhľuky s inými už vytvorenými skupinami alebo ešte samostatne stojacimi objektmi /obr. 2/. Divizívne metódy považujú objekt za jeden celok pred začiatkom klasifikácie naopak celý klasifikovaný súbor objektov /spoločenstiev/ a postupne ho rozdeľujú na základe nejakého znaku na postupne menšie skupiny. V extrémnom prípade môžu dôjsť až k jednotlivým objektom, ale zvyčajne sa klasifikácia zastavuje na nejakej z povahy súboru vyplývajúcej vyššej úrovni /obr. 1/. Väčšina divizívnych metód je súčasne **monotehtická**.

Podľa vzájomného vzťahu objektov a zhľukov v rámci vytvoreného klasifikačného systému rozlišujeme metódy **hierarchické** a **nehierarchické**. Hierarchické metódy vytvárajú systém vzájomne si nadriadených zhľukov, kde hierarchicky vyššie zhľuky obsahujú množinu zhľukov alebo jednotlivo postavených objektov hierarchicky nižšej úrovne /obr. 2/. V nehierarchických metódach stoja klasifikované objekty i zhľuky na jednej úrovni. Zvyčajne sú zobrazené ako body v jedno- dvoj- alebo trojrozmernom priestore /obr.3/. Ich podobnosť /nepodobnosť/ je vyjadrovaná euklidovskou vzdialenosťou v priestore, do ktorého je množina zhľukov zobrazená. Sem patria všetky metódy faktorovej a diskriminačnej analýzy a rôzne ordinačné techniky vyvinuté pôvodne pre potreby geobotaniky, resp. fytocenológie.

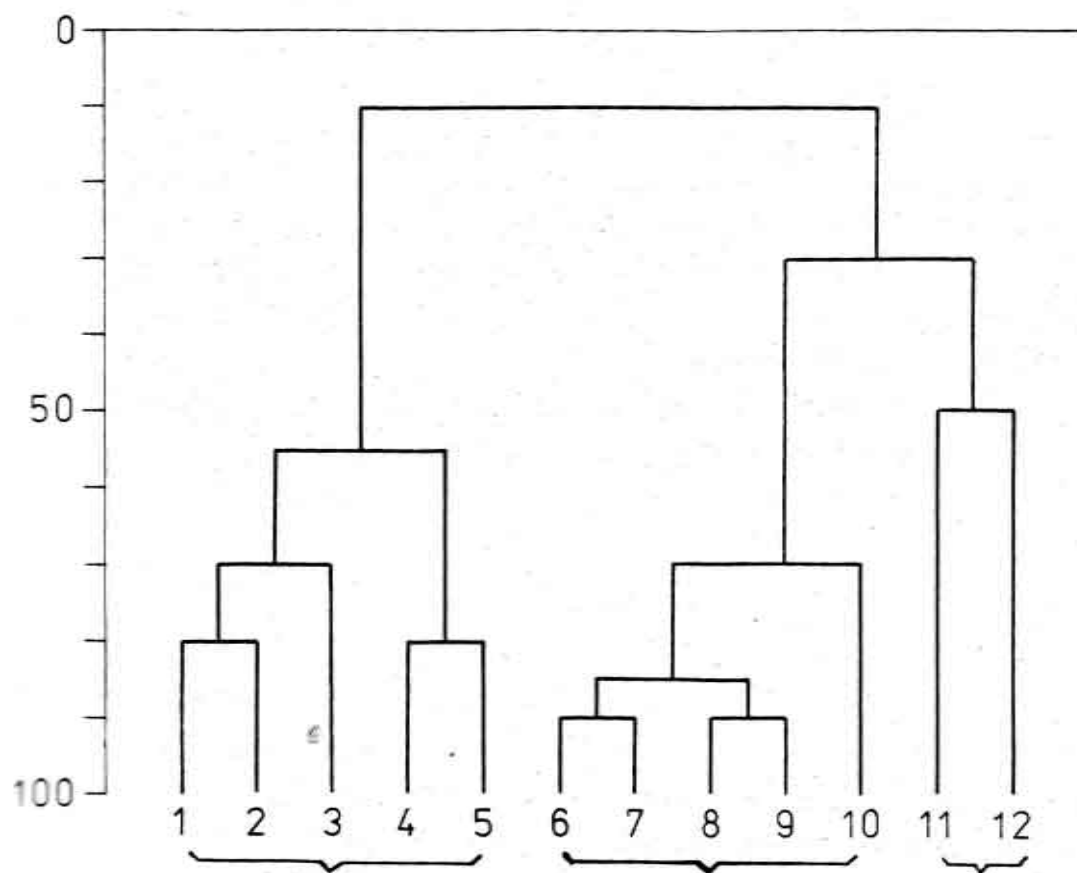
Hoci principiálne nejde o žiaden rozdiel v použitých metódach klasifikácie, najmä v minulosti sa rozlišovala tzv. klasifikácia S alebo R. S -klasifikácia predstavovala triedenie objektov na základe vybraných znakov, napr. spoločenstiev na základe prítomnosti a neprítomnosti druhov alebo rozdielov v ich kvantitatívnom zastúpení alebo druhov na základe rôznych morfológických a morfometrických znakov. R - klasifikácia znamenala triedenie znakov podľa ich zastúpenia v jednotlivých objektoch napr. klasifikácia druhov podľa ich prítomnosti v rôznych spoločenstvách. Obe metódy však znamenajú len transpozíciu matice primárnych dát /tabuľku zastúpenia druhov v spoločenstvách/. Ďalší postup výpočtu v oboch prípadoch je rovnaký. Niektoré klasifikačné metódy napr. **ordinácia vzájomného priemerovania**



Príklad asociačnej analýzy ako divíznej metódy hierarchickej klasifikácie. 504 plôch vegetácie sa delí na 329, kde je zastúpená *Calluna vulgaris* a na 175 plôch, kde chýba. 329 plošiek s *C. vulgaris* sa ďalej delí na 72 plôch s *Eriophorum angustifolium* a 257 plôch bez neho. Takto sa celý klasifikovaný súbor delí na zvolenej hladine významnosti indexu asociácie /Chí-kvadrát/ na šesť skupín. /C.V. *Calluna vulgaris*, E.A. *Eriophorum angustifolium*, F.D. - *Festuca ovina*, T.C. *Trichophorum caespitosum*, E.T. *Erica tetralix*/.

Obr. 2

Hypotetický príklad hierarchickej klasifikácie 12 objektov /spoločenstiev, druhov apod./. Podobnosť vyjadruje stupnica znázor-
nená na ordináte. 0 odpovedá absolútnej rozdielnosti, 100 úplnej
zhode objektov. Na čím nižšej hladine podobnosti sa vytvárajú zhluky,
tým dosahujú vyššiu hierarchickú úroveň a zväčša aj zahŕňajú väčší
počet objektov. Spôsob zhlukovania znázorňuje vnútornú štruktúru
klasifikovaného súboru dát.



/RA, - reciprocal averaging/ alebo jej variant - **detrendovaná korešpondenčná analýza /DNA/** umožňujú klasifikovať objekty podľa znakov a znaky podľa ich zastúpenia v objektoch a súčasne zobrazíť ich do toho istého priestoru /plochy/.

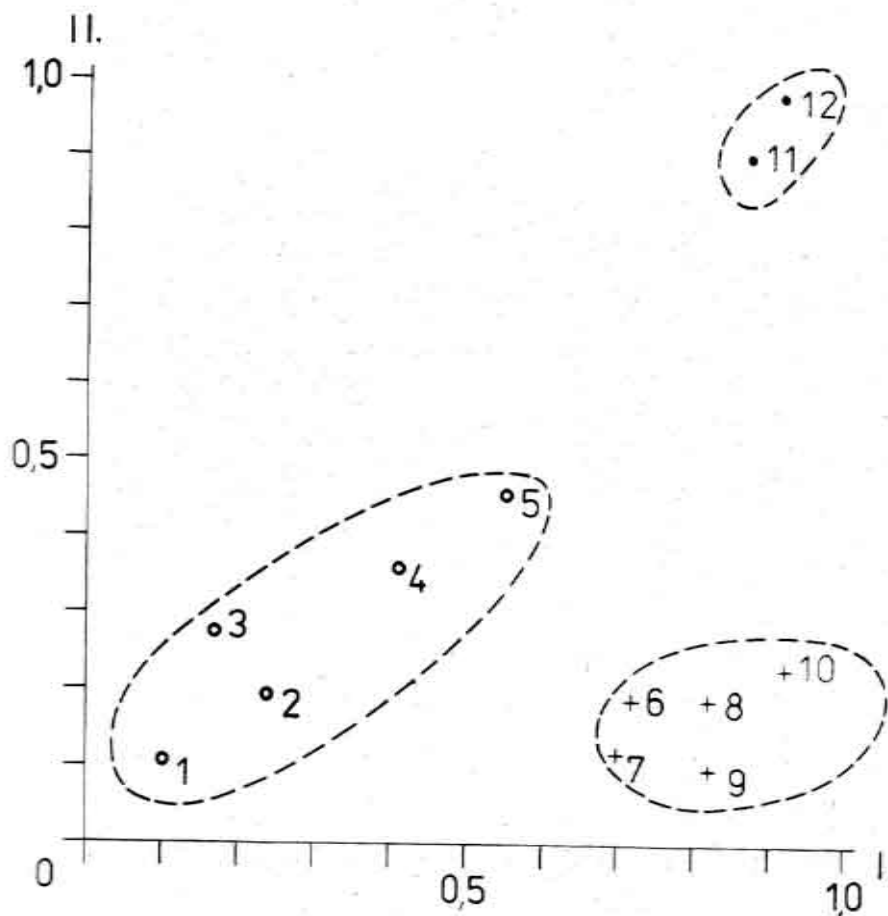
Tok informácií pri numerickej klasifikácii ekologických /cenologických/ dát je nasledujúci. Základom je tzv. **matica primárnych dát**. Je to v zásade tabuľka obsahujúca v riadkoch zastúpené druhy a ich počty v jednotlivých spoločenstvách /vzorkách, botanických zápisoch a pod./ obr. 4/. V stĺpcoch je zachytené celé druhové spektrum zistené v tom-ktorom spoločenstve. Podľa potreby môžu byť dáta v primárnej matici rôznym spôsobom, napr. logaritmicky transformované alebo štandardizované, aby sa obmedzili rôzne náhodné rozdiely. Ďalším krokom je výber funkcie /indexu/ podobnosti. S jeho pomocou vzniká **sekundárna matica**, ktorá je vždy štvorcová a symetrická a jej rád odpovedá počtu klasifikovaných objektov. Teda ak máme napr. 20 objektov, nezávisle na počte zistených druhov má sekundárna matica rozmer 20 x 20. Zachycuje podobnosť /nepodobnosť, vzdialenosť/ každého klasifikovaného objektu s každým, pričom na hlavnej diagonále sú jednotky resp. nuly /absolútna podobnosť alebo nulová vzdialenosť/. Voľba funkcie /indexu/ závisí od cieľov, pre ktoré klasifikujeme. Niektoré funkcie /napr. známy Jaccardov index, Sørensenov index a pod./ vyjadrujú podobnosť na základe **binárnych znakov**, t.j. na základe prítomnosti alebo neprítomnosti daného druhu v spoločenstve. Iné funkcie /kvantifikovaný Jaccardov index, Piankov index, Wishartov index /korelačný koeficient/ zohľadňujú aj kvantitatívne zastúpenie druhov/. Funkcií podobnosti je veľký počet. Je niekedy výhodné robiť klasifikácie podľa dvoch-troch funkcií rôznych vlastností k získaniu komplexnejšieho pohľadu na klasifikovaný súbor.

Sekundárna matica /matica podobnosti/ je východiskom pre vlastnú klasifikáciu a pre niektoré ordinačné metódy /napr. polárnu ordináciu/.

Z hierarchických klasifikačných metód doznala v ekológii najväčšieho rozšírenia tzv. **všespojná metóda a metóda neváženého priemeru**. Alternatívne a spôsobom výpočtu blízke, ale použitím menej vhodné sú **jednospojná metóda /párová k všespojnej metóde/, metóda váženého priemeru a metóda flexibilná**. Osobitné vlastnosti má **metóda Wardova**. Ich výsledkom je **dendrogram** /obr.2,3/. Sekundárnu maticu možno použiť ako východisko pre **populárnu ordináciu**. Jej základom sú dve dvojice zvyčajne najmenej podobných objektov, alebo dve dvojice objektov reprezentujúcich extrémne body dvoch ekologických gradientov, napr. vlhkostného a teplotného. Tieto dve dvojice definujú úsečky, na ktoré sa zobrazujú /obr.3/ všetky ostatné klasifikované objekty /spoločenstvá/. Projekcie týchto spoločenstiev na ordinačné osi predstavujú súradnice bodov v kartézskom systéme, ktoré sú zobrazením klasifikovaného súboru spoločenstiev

Obr. 3

Hypotetický príklad ordinácie /nehierarchickej klasifikácie tých istých 12 objektov/. Podobnosť vyjadruje blízkosť bodov znázorňujúcich klasifikované objekty. Ich zhľuky nie sú vzájomne hierarchicky nadradené. Zhľuky sa graficky zvýrazňujú rôznymi značkami alebo obtiahnutím klasifikovaných objektov čiarou. Vzdialenosť pozdĺž I. alebo II. osi vyjadruje usporiadanie objektov pozdĺž rôznych ekologických gradientov, napr. vlhkosťného, teplotného apod.



		O B J E K T Y					
		A	B	C	D	E	F
Q	A	-	0.6	0.8	0.7	0.3	0.2
B	B	0.6	-	0.7	0.5	0.2	0.1
J	C	0.8	0.7	-	0.1	0.2	0.3
K	D	0.7	0.5	0.1	-	0.4	0.5
T	E	0.3	0.2	0.2	0.4	-	0.6
Y	F	0.2	0.1	0.3	0.5	0.6	-

		Z N A K Y				
		a	b	c	d	e
Z	a	-	0.6	0.2	1.0	0.5
N	a	0.6	-	0.4	0.3	0.1
A	c	0.2	0.4	-	0.1	0.2
K	d	1.0	0.3	0.1	-	0.4
Y	e	0.5	0.1	0.2	0.4	-

Maticе sekundárnych dát (matice podobnosti) Q klasifikácie (podľa objektov) a R klasifikácie (podľa znakov). Matice sú vždy symetrické podľa hlavnej diagonály, obsahujú hodnoty funkcií podobnosti medzi klasifikovanými objektmi alebo znakmi. Matice Q klasifikácie je vždy takého rádu, koľko má primárna matice stĺpcov, matice R klasifikácie je takého rádu, koľko má matice primárnych dát riadkov. Prvky na diagonále vyjadrujú podobnosť každého objektu (znaku) so sebou samým, preta sa v matici neuvádzajú. Matice sekundárnych dát slúžia priamo pre výpočet hierarchických klasifikácií alebo pre niektoré druhy ordinácií. (Hodnoty vo všetkých tabuľkách sú vymyslené)

2 - klasifikácia
OBJEKTY

		vzorky	A	B	C	D	E	F
		druhy						
R	Z	druh a	1	3	2	1	1	
	N	druh b	2	1	1	2	3	2
k	A	druh c		1		3	4	1
l	K	druh d	2	1	1	1	2	1
s	Y	druh e			1	2	5	1

Tabuľka primárnych dát obsahuje údaje o významnosti (počte jedincov, pokrývnosti, biomase) jednotlivých druhov alebo ich skupín v spoločenstve alebo vo vzorkách. Klasifikáciu objektov podľa zastúpenia znakov nazývame Q klasifikáciu. Ak klasifikujeme znaky podľa ich zastúpenia v objektoch hovoríme o R klasifikácii.

na plochu. V tomto zobrazení je potom možné vyznačovať jednotlivé zhluky alebo rôzne gravdienty vlastností prostredia, spoločností a pod.

Priamo z primárnej matice dát vychádza ordinácia váženým priemerom. Každý druh má priradený určitý kód charakterizujúci jeho polohu v stupnici určitých ekologických vlastností. Napr. vlhkomilnosť je charakterizovaná stupnicou od 1 do 4. Tieto čísla sú vážené významnosťou /početnosťou, biomasou, dominanciou/ druhu v spoločnosti a ich vážený priemer je súradnicou spoločnosti v ordinačnom priestore. Výsledkami je ordinácia váženým priemerom niekedy blízka polárnej ordinácii, ale je použiteľná iba tam, kde dobre poznáme autekológiu druhov a sme schopní ich vlastnosti aspoň približne kvantifikovať. Nakoľko táto ordinačná metóda vychádza bezprostredne z primárnej matice dát - označujeme ju ako **priamu ordinačnú metódu**. Naopak vyššie uvedená polárna ordinácia predstavuje metódu nepriamu.

Sofistikovanejšie, ale nie vždy najlepšie ordinačné metódy využívajú ako ordinačné súradnice hodnoty vlastných vektorov sekundárnej matice, matice kovariácií alebo korelačnej matice. Sem patria najmä analýza hlavnej komponenty, známa z faktorovej analýzy. V ekológii sa však hodí pre situácie s jedným jednoduchým gradientom. Jej nepriaznivé vlastnosti odstraňujú dve veľmi príbuzné metódy - **korešpondenčná analýza** nazývaná tiež vzájomné priemerovanie a jej zdokonalený variant **detrendovaná korešpondenčná analýza**. Tieto dve metódy predstavujú v súčasnosti najčastejšie používané ordinačné techniky.

Použitie hierarchických klasifikačných metód a polárnej ordinácie a ordinácie váženým priemerom je pri väčších dátach možné iba s pomocou výpočtovej techniky hoci samé o sebe sú matematicky veľmi jednoduché a polárnu ordináciu je možné urobiť dokonca i geometricky. Ostatné ordinačné techniky sú uskutočniteľné výhradne za pomoci výpočtovej techniky.

K výpočtu hierarchických klasifikácií slúžia rôzne verzie balíku programu **Numclas**, niektoré programy boli publikované v literatúre /Orlóci, 1978, Lukášová, Šarmanová, 1985/ alebo nie je ich zvlášť ťažké podľa typu počítača vytvoriť. Na metódu hlavnej komponenty je programové vybavenie vo väčšine výpočtových stredísk a k ordinácii **RA** a **DCA** slúži známy program **DECORANA**. Pre implementáciu na väčších osobných počítačoch sú vhodné programy publikované Orlóciom /1978/.

