Zastosowanie taksonomii wrocławskiej do fitosocjologii

Anwendung der sog. „Breslauer Taxnomie“ in der Pflanzesoziologie

J. FALIŃSKI

WSTĘP

Taksonomia wrocławska powstała między innymi jako wynik poszukiwań metody porządkowania diagramu Czekanowskiego (Perkal 1953). Matematyczne podstawy taksonomii wrocławskiej są omówione w pracy Ogólnej Grupy Zastosowań Państwowego Instytutu Matematycznego pod redakcją Łukasiewicza (1951).

Taksonomia wrocławska, zwana również metodą dendrytową, podobnie jak metoda diagramu Czekanowskiego, jest graficzną metodą przedstawiania podobieństwa między elementami danego zbioru. Obie metody prowadzą do podziału zbioru na grupy elementów.

Są dwie zasadnicze różnice między tymi metodami:

1. Dendryt wykazuje tylko najwyższe podobieństwa między elementami, podczas gdy diagram Czekanowskiego przedstawia podobieństwa (lub różnice) każdego elementu zbioru z każdym z pozostałych.
2. Diagram Czekanowskiego daje uporządkowanie liniowe, dendryt zaś porządkuje elementy po linii mogącej się rozgałęziać. Dendryt przedstawia się graficznie jako układ biegnących w różnych kierunkach odcinków. Odcinki te łączą według zasady najmniejszej odległości punkty, przedstawiające poszczególne elementy zbioru. Teoretycznie każde dwa punkty połączone mają być tylko jedną linią, w praktyce jednak nie zawsze jest to możliwe.

Dotychczas czyniono szereg prób zastosowania taksonomii wrocławskiej w różnych dziedzinach nauki, gospodarki i techniki (Perkal 1953).

Z nauk biologicznych metodą dendrytową zainteresowała się w szczególności antropologia i fitosocjologia. Próbowano również stosować taksonomię wrocławską do sytematyki roślin (Kuźniewski 1956, Kowal, Kuźniewski 1958, 1959).

W fitosocjologii ważną rolę odegrała metoda dendrytowa przy opracowaniu systematyki borów mieszanych, ciepłolubnych dąbrów, lasów łęgowych, zespołów olsowych (W. Matuszkiewicz i współpracownicy — 1955, 1956a, 1957, 1958), buczyn i zespołów pokrewnych (A. Matuszkiewicz 1958).

Warto dodać, że wspomniani wyżej autorzy stosowali jednocześnie metodę diagramu Czekanowskiego i metodę dendrytową. Wyniki otrzymane obiema metodami były zazwyczaj zgodne, a co więcej, wzajemnie się uzupełniały.

We wszystkich tych przypadkach dendryty przedstawiały uporządkowanie zbiorowisk według zasady największego podobieństwa florystycznego. W innych pracach (A. Matuszkiewicz 1955, W. i A. Matuszkiewicz 1956b) przy pomocy dendrytów ilustrowano wzajemne podobieństwa między płatami roślinnymi (zdjęciami fitosocjologicznymi), co pozwalało na określanie tendencji i kierunków zmian w zbiorowisku.

Jak dotąd, brak jednak szczegółowego omówienia zastosowania tej metody do fitosocjologii, chociaż wzbudziła ona zainteresowanie za granicą (Ružička 1958). Praktyczne wskazówki do sporządzania dendrytu znajdzie czytelnik w podręczniku matematyki Perkala (1958).

Niniejsza praca ma za zadanie przedstawić w możliwie wyczerpujący sposób techniczną stronę opracowywania dendrytu, sposób jego interpretacji, zastosowanie do porządkowania tablicy zdjęciowej. Szersze omówienie wyników, otrzymanych przy użyciu tej metody, znajdzie czytelnik w pracy Falińskiego (1958).

I. MATERIAŁ

Przy demonstracji metody dendrytowej, omawianiu sposobu interpretacji i rozwiązywaniu innych zagadnień związanych z zastosowaniem tej metody do fitosocjologii, posłużyłem się następującymi, nie publikowanymi dotąd, własnymi materiałami:

1. Tabela zdjęciowa złożona z 10 zdjęć wykonanych w lipcu 1958 r. w zespole *Querceto-Carpinetum* w Dolinie rzeki Świętojańskiej Młynówki pod Górowem Iławeckim (Nadleśnictwo Iławka, woj. Olsztyn).

2. Tabela transektu wykonanego na zboczu na granicy zespołu *Pinetum-Quercetum serratuletosum* Mat. 1955 i *Querceto-Piceetum* Mat. 1955 na obszarze rezerwatu w oddziale 101 nadleśnictwa Strzałowo (pow. Mrągowo, woj. Olsztyn).

3. Tabela zawierająca 27 zdjęć wykonanych na kępach w rezerwacie «Niebieskie Źródła» nad Pilicą (pow. Opoczno, woj. Kielce) w czerwcu 1957 r. Powierzchnię zdjęciową stanowiła każdorazowo cała kępa bez względu na jej wielkość.

Querceto-Carpinetum w dolinie Świętojańskiej Młynówki koło Górowa Iławckiego
(Zbiorowisko zniekształcone wyrębem)

Przy powoływaniu się w tekście na te tabele będziemy się posługiwać wyżej podaną numeracją. Tablice współczynników, pochodzące od danych tabel zdjęciowych, otrzymają numerację typu dziesiętnego, np. tablica współczynników, opracowana na podstawie tabeli 1, otrzyma nr 1.1.

II. DEMONSTRACJA METODY

Tablica współczynników

Podstawą do opracowywania dendrytu jest tzw. tablica Czekanowskiego, stosowana również do sporządzania diagramu. Tablica taka w konkretnym przypadku zawiera wartości współczynników podobieństwa florystycznego między poszczególnymi zdjęciami lub zbiorowiskami roślinnymi. Tablicę tę dalej będę nazywał tablicą współczynników.

Ponieważ jednak wyjście od niej może utrudnić zrozumienie samej metody, rozpocznę od podania kilku wskazówek dotyczących jej opracowywania.

Nawet pobieżny przegląd jakiegokolwiek tabeli zdjęciowej pozwala zauważyć, że pewne zdjęcia są bardziej podobne pod względem swego składu florystycznego, to znaczy, że mają dużo gatunków wspólnych, o innych zaś można powiedzieć, że bardzo różnią się od pozostałych, to znaczy nie posiadają gatunków wspólnych lub mają ich niewiele.

Sporządzanie tablicy współczynników składa się z następujących czynności.

1. Obliczanie gatunków wspólnych

Chodzi tu o porównanie pod względem składu florystycznego kolejno każdego zdjęcia z każdym innym, to znaczy o policzenie, ile ma gatunków wspólnych zdjęcie 1 z 2, 1 z 3, 1 z 4 itd., 2 z 3, 2 z 4 itd., 3 z 4 itd. Praktycznie wykonuje się to dość szybko przy zastosowaniu usprawnienia zaproponowanego przez prof. A. Demianowicza (informacja ustna A. i W. Matuszkiewiczów). Używa się w tym celu paska papieru o długości takiej, jaką zajmuje cyfrowa część tabeli zdjęciowej i szerokości 3—4 cm. Pasek papieru dzielimy kreskami pionowymi na kolumny odpowiadające szerokością zapisowi poszczególnych zdjęć w tablicy zdjęciowej. Jeszcze lepiej jest uciąć paski z poliniowanego papieru, na którym sporządzono tabelę zdjęciową. W kolumnie odpowiadającej zdjęciu pierwszemu z lewej strony tabeli wpisujemy wyraźnie numer tego zdjęcia. Następnie pasek przesuwamy stopniowo ku dołowi

zatrzymując się tylko pod tymi gatunkami, które występują w pierwszym z kolei zdjęciu. W innych kolumnach paska papierowego stawiamy po jednej kresce, gdy w odpowiadającym im zdjęciu występuje gatunek wspólny ze zdjęciem pierwszym. Tak postępujemy aż do samego dołu tabeli zdjęciowej. Następnie sumujemy w każdej kolumnie kreski i otrzymujemy w ten sposób liczby gatunków wspólnych zdjęcia pierwszego z drugim, trzecim, czwartym itd. (ryc. 1.1).

W celu uniknięcia pomyłek, na skutek przypadkowego przesunięcia paska papierowego w lewo lub prawo, wygodnie jest co pięć lub dziesięć kolumn narysować na nim i na tabeli zdjęciowej linie innego koloru.

Dalej postępujemy w podobny sposób używając nowego paska (lub jego drugiej strony) przy obliczaniu liczby gatunków wspólnych zdjęcia drugiego z lewej z trzecim, czwartym. Zbędne jest porównywanie zdjęcia drugiego z pierwszym, trzeciego z pierwszym itd., trzeciego

Zdj. nr. 12									
Liczba gatunków wspólnych	19	21	25	16	22	14	19	25	23

Ryc. 1.1. Przykład wypełnionego paska papieru przy obliczaniu liczby gatunków wspólnych

z drugim itd., jeżeli już uprzednio porównywaliśmy pierwsze z drugim, pierwsze z trzecim, drugie z trzecim itd. Każdy więc następny pasek będzie krótszy o jedną kolumnę.

Łącznie trzeba wypełnić pasków papierowych o jeden mniej niż jest zdjęć w tabeli. Ten uproszczony sposób zaoszczędzi wiele czasu i trudu, dając wszystkie porównia, tj.:

$$\frac{n(n-1)}{2}. \quad (1)$$

Litera n oznacza ilość zdjęć w tabeli.

2. Obliczanie sumy gatunków każdej pary zdjęć

W tym celu przygotowujemy tablicę w kształcie kwadratu, którego boki dzielimy na tyle części, ile jest zdjęć w tablicy. Numery zdjęć wypisujemy na zewnętrznej stronie lewego i górnego boku poczynając od gór-

nego lewego rogu. Na przecięciu odpowiedniego wiersza i kolumny wpisujemy sumy gatunków każdej pary zdjęć, a pod nimi w tej samej kratce liczbę gatunków wspólnych. Do tego celu najwygodniej użyć papieru milimetrowego, dostatecznie trwałego i równo poliniowanego. Ponieważ tablica ta jest symetryczna względem przekątnej, wystarczy wypełnić tylko jedną jej część, najlepiej dolną lewą, zostawiając górną prawą na współczynniki podobieństwa.

Po wypełnieniu pierwszej kolumny z sumami warto zwrócić uwagę przy wypełnianiu następnych, że będą one zawierały sumy różniące się od sumy w poprzedniej kolumnie o tę samą wartość. Zamiast więc każdorazowo dodawać dwie dość duże zwykle liczby, można do sum z poprzedniej kolumny dodawać lub odejmować spostrzeżoną różnicę.

3. Obliczanie współczynników podobieństwa

Współczynnik podobieństwa

Każdej parze porównywanych zdjęć przyporządkujemy drogą umowy pewną liczbę, którą nazywamy współczynnikiem podobieństwa (miarą podobieństwa, odległością systematyczną — Kulczyński 1940).

Współczynnik podobieństwa dowolnej pary zdjęć przyjmujemy jako wyrażenie:

$$P = \frac{2 \cdot c \cdot 100}{a + b} \quad (2)$$

Jest to wzór Sørensen'a (1948) stosowany w Polsce pod nazwą wzoru Jaccarda i Steinhausa (Sławiński 1950). Poszczególne symbole oznaczają:

- P — współczynnik podobieństwa wyrażony w procentach $0 \leq P \leq 100$,
- c — liczba gatunków wspólnych dla danej pary zdjęć,
- a — liczba gatunków w pierwszym zdjęciu,
- b — liczba gatunków w drugim zdjęciu.

Mianownik jest więc sumą gatunków dwu porównywanych zdjęć.

Podobieństwo dwóch zdjęć fitosocjologicznych (zbiorowisk) jest tym większe, im więcej posiadają gatunków wspólnych w stosunku do ogólnej liczby gatunków. Dwa zdjęcia o dokładnie tym samym składzie gatunkowym będą miały współczynnik podobieństwa równy 100%. Para zdjęć o mniejszej liczbie gatunków wspólnych otrzyma współczynnik P odpowiednio niższy. Współczynnik P pary zdjęć nie posiadającej gatunków wspólnych jest równy zeru.

Zamiast obliczać współczynnik P przez każdorazowe podstawianie

wartości a , b , c do wzoru, można go dla niższych wartości odszukać w tablicach, a dla wyższych odczytać na monogramach Falińskiego (1958). Współczynniki zapisujemy na wspomnianej już tablicy (tabl. 1.1)

Tabela 1'
Wartości „ $a+b$ ”, „ c ” i „ P ”

	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22
12		61,3	65,6	74,6	55,2	64,7	51,8	58,5	61,0	65,7
13	62 19		62,1	59,0	65,4	71,0	58,3	50,8	52,6	50,0
14	64 21	58 18		57,1	51,8	62,5	48,0	59,0	56,4	63,6
16	67 25	61 18	63		59,6	71,6	56,6	46,9	59,2	75,4
17	58 16	52 17	54 14	57 17		62,1	68,2	50,9	50,0	43,3
18	68 22	62 22	64 20	67 24	58 18		55,5	55,4	58,5	62,8
19	54 14	48 14	50 12	53 15	44 15	54 15		47,1	47,0	50,0
20	65 19	59 15	61 18	64 15	55 14	65 18	51 12		48,1	47,8
21	82 25	76 20	78 22	81 24	72 18	82 24	68 16	79 19		61,9
22	70 23	64 16	66 21	69 26	60 13	70 22	56 14	67 16	64 26	

Objaśnienie tablicy:

	12	13
12		P
13	$a+b$ c	

w jej prawej górnej części. Umieszczenie na jednej tablicy wartości $a + b$, c i P podyktowane jest tylko względami praktycznymi, to znaczy łatwością znalezienia odpowiadających sobie liczb w wypadku stwierdzenia pomyłek lub pojawienia się wątpliwości co do wysokości P .

Konstrukcja dendrytu

Zasada konstrukcji dendrytu sprowadza się do łączenia każdego zdjęcia (lub zbiorowiska) ze zdjęciem (lub zbiorowiskiem) do niego najbardziej podobnym. Ponieważ w naszym przypadku miarą podobieństwa jest wysokość współczynnika P , łączymy ze sobą te zdjęcia (zbiorowiska), które wykazują jego najwyższą wartość.

Przed przystąpieniem do konstrukcji dendrytu należy zaznaczyć na tablicy współczynników (np. przez obwiedzenie kolorowym ołówkiem) najwyższy współczynnik podobieństwa w każdym zdjęciu (tabl. 1.1).

Niżej przedstawię kolejne etapy konstrukcji dendrytu 10 zdjęć zestawionych w tablicy 1. Wartości współczynników podobieństwa między nimi zawarte są w tablicy 1.1.

Graficznym symbolem każdego zdjęcia niech będzie kółko z odpowiadającym mu numerem w środku. Pierwsze z brzegu tablicy jest zdjęcie

Ryc. 1.2. Konstrukcja dendrytu 10 zdjęć z *Querceto-Carpinetum*

nr 12. Najwyższy współczynnik podobieństwa ($P = 74,6\%$) ma ze zdjęciem nr 16. Rysujemy więc symbole obu zdjęć i łączymy je odcinkami, nad którymi piszemy wartość P (ryc. 1.2a).

Następne zdjęcie w tablicy współczynników, nr 13, ma najwyższy współczynnik podobieństw ze zdjęciem nr 18 ($P = 71,0\%$). Rysujemy więc symbole obu zdjęć i łączymy je (ryc. 1.2b).

Zdjęcie nr 14 jest najbardziej podobne do zdjęcia nr 12. Rysujemy symbol zdjęcia nr 14 i łączymy odcinkiem ze zdjęciem nr 12 (ryc. 1.2c).

Ryc. 1.3. Dendryt 10 zdjęć z *Querceto-Carpinetum*

Ryc. 1.4. Dendryt 10 zdjęć z *Querceto-Carpinetum*, w którym wartości współczynnika P przedstawiono różnej długości odcinkami

Następnie łączymy zdjęcie nr 16 z powodu najwyższego współczynnika ($P = 75,4\%$) ze zdjęciem nr 22 (ryc. 1.2d).

Zdjęcie nr 17 z tego samego powodu trzeba połączyć ze zdjęciem nr 19 (ryc. 1.2e).

Zdjęcie nr 18 jest najbardziej podobne do zdjęcia na 16 ($P = 71,6\%$). Oba zdjęcia figurują już na naszych rysunkach (ryc. 1.2a, 1.2b); należy je

tylko połączyć. Łącząc je otrzymujemy dendryt złożony z pięciu zdjęć (ryc. 1.2f).

Zdjęcie nr 19 powinniśmy połączyć ze zdjęciem nr 17, lecz uczyniliśmy już to wcześniej dla zdjęcia nr 17—19 (ryc. 1.2e).

Zdjęcie nr 20 wykazuje najwyższy współczynnik P ze zdjęciem nr 14 ($P = 59,0\%$). Postępujemy w wiadomy sposób (ryc. 1.2g).

Zdjęcie nr 21 należy połączyć ze zdjęciem nr 22 ($P = 61,9\%$), co przedstawione jest na ryc. 1.2h. Zdjęcie nr 22 już poprzednio zostało połączone ze zdjęciem nr 16 (ryc. 1.2d). W ten sposób wyczerpaliśmy wszystkie zdjęcia. Ostatecznie otrzymaliśmy dwie części dendrytu (ryc. 1.2e i 1.2h), które należy połączyć ze sobą według zasady najwyższego podobieństwa. Zaczynamy zawsze od mniej licznej części dendrytu (ryc. 1.2e). Szukamy teraz w tablicy współczynników najwyższego P dla pary zdjęć, z których jedno pochodzi z mniej licznej części dendrytu, a drugie z liczniejszej.

Dla zdjęcia nr 17 znajdujemy w liczniejszej części dendrytu zdjęcie nr 13 ($P = 65,4\%$). Zdjęcie nr 19 ma najwyższe P w drugiej części dendrytu również ze zdjęciem nr 13 ($P = 58,3\%$). Przyjmujemy połączenie pierwsze z uwagi na wyższą wartość P .

Otrzymany dendryt dla wszystkich dziesięciu zdjęć (ryc. 1.3) należy jeszcze przerysowując rozciągnąć, tak aby otrzymać możliwie najdłuższą część liniową.

Przy okazji można liczbowe wartości współczynnika podobieństwa opuścić, określając podobieństwa między sąsiednimi zdjęciami przy pomocy odcinków o różnej długości. Odległość między symbolami zdjęć będzie wówczas tym mniejsza, im większe jest podobieństwo (wyższy współczynnik podobieństwa). Ryc. 1.4 przedstawia narysowany w ten sposób dendryt z ryc. 1.3.

Wielkość współczynnika podobieństwa między zdjęciami sąsiadującymi w dendrycie można również pokazać w inny sposób, np. używając odcinków o jednakowej długości, ale różnej grubości (tym grubsza linia, im wyższy P), lub stosując linie na różny sposób przerywane.

III. PRZYKŁAD INTERPRETACJI DENDRYTU

Do interpretacji najbardziej przydatny jest dendryt, którego odcinki różnej długości dodatkowo opisano wartościami współczynnika P . Otrzymany wyżej dendryt (ryc. 1.3 i 1.4) składa się z głównego pnia i jednego odgałęzienia i stanowi przykład dość łatwy do interpretacji. Dendryt o takim pokroju nazywamy prawie liniowym.

Podstawą do interpretacji dendrytu jest tabela zdjęciowa. Ponieważ zdjęcia uporządkowane są w dendrycie według zasady największego po-

Tabela 1.2

Querceto-Carpinetum w dolinie Świętojańskiej Młynówki koło Górowa Iławeckiego
(Zbiorowisko zniekształcone wyrebem)

Tablica uporządkowana

Nr	zdzęcia	20	14	12	16	22	21	18	13	17	19
A ₁	<i>Alnus glutinosa</i>	3									
B ₁	<i>Picea excelsa</i>	2									
	<i>Sambucus racemosa</i>	2									
	<i>Padus avium</i>	2									
C ₁	<i>Dryopteris spinulosa</i>	1									
	<i>Pteridium aquilinum</i>	+		4							
	<i>Acer platanoides</i>	+	+	+							
	<i>Corylus avellana</i>	+	+		+	+					
B	<i>Quercus robur</i>	+						1			
C ₁	<i>Lysimachia vulgaris</i>	+		+				+			
C ₂	<i>Carpinus betulus</i>	+		+	1	+	2				
C ₃	<i>Viola Riviniana</i>	+	+			+	+	+			
C ₁	<i>Dactylis Aschersoniana</i>	+	+	+	+	+	+	+			
C ₃	<i>Anemone nemorosa</i>	+	+	1	+	1	+		2		
C ₁	<i>Maianthemum bifolium</i>	+	1	+		+	+	1	+	2	
B	<i>Sambucus niger</i>	3	2					+	+	2	
C ₂	<i>Paris quadrifolia</i>	+					+	+	+	+	
C ₃	<i>Quercus robur</i>	+	+				+	+	+	+	
	<i>Milium effusum</i>	+		+	+	1	+	+	+	+	
C ₂	<i>Galeopsis pubescens</i>						+	+	+	+	1
C ₁	<i>Athyrium filix - femina</i>	2	1	2	4	2	1		3	+	2
	<i>Equisetum silvaticum</i>							2	4	1	2
2	<i>Stellaria nemorum</i>	5	+	1			+		2	5	4
C ₃	<i>Oxalis acetosella</i>	1	4	3	1		1	1	2	2	1
	<i>Galeobdolon luteum</i>	3	2	+	3	3	3	1	2	2	2
B	<i>Corylus avellana</i>	3	1	3	2	3	3	3	2	2	2
A ₁	<i>Picea excelsa</i>	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	<i>Quercus robur</i>	3	1	2	1	2	2	2	1	2	2
	<i>Betula verrucosa</i>	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2
C ₁	<i>Rubus idaeus</i>	3	2	1	2	1	3	1	2	4	2
	<i>Dryopteris filix-mas</i>	3	1	+	2	1	1	1	3	2	2
	<i>Geum urbanum</i>		+	+	+	+	+				
C ₂	<i>Scrophularia nodosa</i>		+			+	+				
C ₁	<i>Daphne mezereum</i>		1	+	+	+	+				
	<i>Mycelis muralis</i>		+	+		1					
	<i>Lonicera xylosteum</i>		1				+				
	<i>Deschampsia caespitosa</i>		+	+					+		
A ₁	<i>Tilia cordata</i>	2					2				
C ₃	<i>Hepatica nobilis</i>	1	1			+	1	1	2	1	
	<i>Ajuga reptans</i>	1			1	+	+	+	2		
B	<i>Actaea spicata</i>		+				+	+	+	+	
C ₂	<i>Sorbus aucuparia</i>		1		2	2	1	2	2		2
C ₁	<i>Aegopodium podagraria</i>	2	2	+	2	3		+	1	2	2
	<i>Polygonatum verticillatum</i>		2								
C ₂	<i>Asperula odorata</i>		2								
C ₃	<i>Convallaria maialis</i>		1		1		1	2			
	<i>Stellaria holostea</i>		1			+	+	1	+		
	<i>Phyteum spicatum</i>		+	+	+	1	1	1	+		
	<i>Fragaria vesca</i>		+	+	+		+	+	+		
C ₂	<i>Polygonatum multiflorum</i>		1	+	+		+	+	+	+	
	<i>Ranunculus lanuginosus</i>			+	+		+	+	+	+	
C ₃	<i>Ranunculus polyanthemus</i>			+	+		+	+		+	
A ₃	<i>Carpinus betulus</i>			2	2			2			
C ₃	<i>Vicia silvatica</i>			2	1	2		2			
C ₁	<i>Populus tremula</i>			1	2	+	+			+	
	<i>Sorbus aucuparia</i>			2	1	+	+			+	+
C ₃	<i>Jrtica dioica</i>				1			+	+	+	+
C ₁	<i>Poa nemoralis</i>					+	+				
C ₂	<i>Hypericum perforatum</i>					+	+				
	<i>Vicia sepium</i>					+	+				
	<i>Myosotis palustris</i>					+		+			
B	<i>Populus tremula</i>					+					+
C ₁	<i>Lapsana communis</i>						+				+
	<i>Frangula alnus</i>						+				
	<i>Tilia cordata</i>						+				
C ₃	<i>Melica nutans</i>						+				
C ₃	<i>Veronica chamaedrys</i>						+				
B	<i>Frangula alnus</i>						+				
	<i>Fraxinus excelsior</i>						+				
A ₃	<i>Salix caprea</i>						+				
C ₃	<i>Platanthera chlorantha</i>						+		+		
A ₂	<i>Quercus robur</i>						+			1	
	<i>Tilia cordata</i>						2		1	1	
B	<i>Carpinus betulus</i>							1			
	<i>Acer platanoides</i>							1	2		1
A ₂	<i>Picea excelsa</i>									1	

dobieństwa, jest celowe ich umieszczenie w tej kolejności w tabeli zdjęciowej (tabl. 1.2). Interpretację ułatwia również uporządkowanie zastępujące gatunków w tabeli zdjęciowej.

Właściwa interpretacja dendrytu będzie polegała na znalezieniu w tabeli zdjęciowej uzasadnienia dla otrzymanego uporządkowania zdjęć. Chodzi więc o wyjaśnienie, dlaczego pewne płaty roślinne wykazują większe podobieństwo do siebie, tworząc bardziej jednorodne grupy. Analizujemy wtedy, które płaty stanowią postacie skrajne i dlaczego, które zaś są postaciami przejściowymi.

Wyjaśnimy to bliżej na przykładzie dendrytu grupującego 10 zdjęć ze zniekształconego fragmentu *Querceto-Carpinetum* (ryc. 1.3f i 1.4g). Rozpocząć najlepiej od jakiegoś zdjęcia skrajnego w dendrycie, np. od nr 20, przebiegając kolejno następne. W tabeli zdjęciowej spostrzegamy, że zdjęcie to różni się wybitnie od następnych, przede wszystkim brakiem kilku gatunków. Jego podobieństwo do zdjęć następujących po nim w dendrycie sprowadza się do posiadania gatunków występujących bardzo pospolicie w drzewostanie, podszyciu i runie. Oprócz tego posiada kilka gatunków nie występujących w ogóle w innych zdjęciach, np. w drzewostanie: *Alnus glutinosa*, w podszyciu: *Padus avium* i *Sambucus racemosa*, w runie: *Dryopteris spinulosa*. Położenie zdjęcia 20 przed zdjęciami nr 14 i 12 spowodowane jest występowaniem w jego runie *Acer platanoides* i częściowo *Quercus robur*, *Stellaria nemorum*, *Majanthemum bifolium*, tj. gatunków, które występują tylko w najbliższych zdjęciach.

Zdjęcia następne, tj. nr 14, 12, 16, 22 i 21, scharakteryzowane są obecnością *Daphne mezereum*, nie występującego w innych zdjęciach i kilku innych gatunków: *Phyteuma spicatum*, *Hepatica nobilis*, *Fragaria vesca*, *Millium effusum*, które wykazują istotne przywiązanie do tych zdjęć, chociaż pojawiają się jeszcze w następnych. Zresztą łatwo prześledzić w tablicy stopniowe zastępowanie się gatunków w zdjęciach, co spowodowało nawet liniowy kształt dendrytu.

W pozostałych czterech zdjęciach pojawiają się ponownie gatunki, które już występowały w zdjęciach nr 20, 14 i 12, np.: *Stellaria holostea*, *Quercus robur*.

Analizując skład florystyczny zauważyć można, że zdjęcia położone na końcach odgałęzień dendrytu (nr 20, 21 i 19) zawierają elementy obce w lesie grądowym (*Populus tremula*, *Frangula alnus*, *Lysimachia vulgaris*, *Veronica chamaedrys*). Zatem zdjęcia te uważać możemy za odbiegające od typu *Querceto-Carpinetum*. Każde z nich reprezentuje skrajną formę tego zespołu, zapewne z tendencją zmian ku innym typom lasów. Wyłączenie tych skrajnych zdjęć z typu potwierdza również proponowana metoda podziału dendrytu na grupy jednorodne (patrz rozdz. V).

IV. ZDJĘCIA PODOBNE I NIEPODOBNE. GRUPY TYMCZASOWE

Zagadnienie podobieństwa, mimo że wyrażane metodami statystycznymi, jest w swej istocie zagadnieniem logicznym i stanowi przedmiot badań jednego z działów logiki, mianowicie teorii relacji. Wiele ciekawych uwag na ten temat znajduje się w pracy Guinocheta i Casala (1953), omawiającej analizę różniczkową Czekanowskiego.

Z pewnych, przedstawionych w tej pracy, racji logicznych wynika potrzeba przyjęcia wartości $P = 50\%$ jako dolnej granicy, powyżej której dwa zdjęcia są podobne.

Przyjęcie jakiegś, choćby umownej, granicy jest w tym przypadku nieodzowne, nie tylko w celu sprecyzowania pojęcia podobieństwa między płatami lub zbiorowiskami roślinnymi, ale wymagają tego również cele taksonomiczne. Chodzi tu o znalezienie kryterium do łączenia elementów (zdjęć, zbiorowisk) w grupy.

Graficzne schematy podobieństwa, jakie otrzymujemy w wyniku zastosowania taksonomii wrocławskiej, reprezentują w typowych przypadkach grupy lub szeregi elementów (zdjęć, zbiorowisk). Należy tylko znaleźć sposób ich wyodrębnienia.

Zasada tzw. podziału wrocławskiego (Perkal 1953) proponuje dzielić dendryt na grupy na podstawie zwiększenia odległości (w naszym przypadku obniżenia wartości współczynnika P) między sąsiadującymi elementami (zdjęciami, zbiorowiskami) w dendrycie. Istnieje przy tym możliwość podziału dendrytu na żadaną dowolnie ilość grup przez odrzucenie kolejno mniejszych odległości. Możliwość ta wyraźnie obniża wartość tzw. podziału wrocławskiego. Jeżeli jednak sprawę odwrócimy umawiając się, że dendryt rozpadnie się na grupy tylko w miejscach, gdzie wartość P jest równa lub niższa od $50,0\%$, otrzymamy w danym przypadku zawsze taką samą ilość grup. W myśl tej zasady podzielono na grupy dendryty przedstawione na rycinach 2.1 oraz 3.1. W praktyce jednak taka zasada podziału prowadzić może do sytuacji, w której grupa zawiera zdjęcia lub zbiorowiska nie mające gatunków wspólnych.

Przykład: Wszystkie połączenia w dendrycie transektu (ryc. 2.1) oparte są na P większym od 50% , więc cały dendryt mógłby uchodzić za grupę. Lecz znajdują się w tym dendrycie powierzchnie próbnе, nie posiadające ani jednego gatunku wspólnego: powierzchnia nr 2 z nr 31, 33, 34. Zaliczanie ich więc do jednej grupy byłoby nonsensem. Wobec tego proponuję, aby grupy otrzymane w ten sposób nazywać grupami tymczasowymi. Przyjęcie jako zasady podziału dowolnie wyższego

Ryc. 2.1. Dendryt transektu dla pojedynczych powierzchni

współczynnika P również nie daje gwarancji, że w grupie znajdą się tylko zdjęcia mające gatunki wspólne. Niebezpieczeństwo to wzrasta, zwłaszcza w dendrytach o kształcie prawie liniowym, nie mówiąc już o tzw. lineamentach (patrz rozdz. VI). Dzieje się to na skutek zastępowania się gatunków kolejno w sąsiadujących ze sobą w dendrycie zdjęciach.

Transekt roślinności na zboczu w strefie zespołów *Pineto-Quercetum* i *Querceto-Piceetum*, wykonany w Nadleśnictwie Strzałowo

[illegible]

Ryc. 2.2. Dendryt transektu dla powierzchni połączonych po dwie

Ryc. 2.3. Dendryt transektu dla powierzchni połączonych po trzy

Podanie zasady lepszego podziału, który będzie wolny od tych niedomagań, wymaga przyjęcia następującej definicji pary zdjęć podobnych (pary zbiorowisk podobnych):

Dwa zdjęcia (dwa zbiorowiska) są podobne, jeżeli mają więcej niż połowę gatunków wspólnych, to znaczy współczynnik podobieństwa wyższy od 50%.

Nowa zasada podziału na tzw. grupy jednorodne jest omówiona w następnym rozdziale.

Grupy tymczasowe i grupy jednorodne pozostają względem siebie (przy tej samej granicy P) w stosunku nadrzędności, wyjątkowo w stosunku zamienności, nigdy zaś w stosunku krzyżowania.

V. ZASADA PODZIAŁU DENDRYTU NA GRUPY JEDNORODNE

Propozycja I: Do jednej grupy należą tylko zdjęcia, z których każda dowolna para ma współczynnik podobieństwa P większy od 50%. Oznacza to, że każde zdjęcie z każdym ma więcej niż połowę gatunków wspólnych. Taką grupę nazywam jednorodną. Praktycznie można taką grupę wyodrębnić w dendrycie przy użyciu diagramu Czekanowskiego lub tablicy współczynników. Praca polega na notowaniu dla każdego zdjęcia tych zdjęć z grupy wyodrębnionej tymczasowo (patrz rozdział poprzedni), które mają z nim $P > 50\%$. Łatwo przy tym spestrzec, że zdjęcia odległe w dendrycie prawie nigdy nie mają $P > 50\%$, a większość zdjęć wyraźnie nawiązuje do zdjęcia centralnego w dendrycie lub w grupie wyodrębnionej tymczasowo. Dalsza praca polega na kolejnym odrzucaniu zdjęć, które mają mało $P > 50\%$.

Propozycja II: Dążenie nasze musi być skierowane na otrzymanie możliwie jak najmniej grup, przy czym grupy powinny być jak najbardziej liczne. Postępując bez tego zastrzeżenia moglibyśmy stworzyć olbrzymią ilość grup, np. dwu, a nawet jednozdjęciowych, których wartość systematyczna byłaby wątpliwa.

Guinochet i Casal (1957) zauważyli, że można by przeprowadzić idealną klasyfikację tworząc dla każdego elementu zbioru odrębną klasę. Oczywiście taka klasyfikacja będzie pozbawiona jakiejkolwiek wartości.

Stosując w praktyce I i II propozycję, otrzymujemy w dendrycie grupy centralne, kilka peryferyjnych i kilka pojedynczych zdjęć. Każda wyodrębniona na tej zasadzie grupa zdjęć jest jednorodna i stanowi zapewne jakąś jednostkę fitosocjologiczną. Jest jednak każdorazowo rzeczą badacza rozstrzygnąć, z jaką jednostką fitosocjologiczną mamy wtedy do czynienia.

Sposób wyodrębniania grup jednorodnych w dendrycie zademonstruję na przykładzie z dendrytem transektu (ryc. 2.1).

Rozpoczynamy od zdjęcia (powierzchni) nr 4.

Wypisujemy z tablicy współczynników numery zdjęć o wartości $P > 50\%$:

dla zdjęcia nr 4: 1 — 23.

Więc jest tylko możliwe zaliczenie do jednej grupy zdjęć od nr 1 do 23.

Dla zdjęcia nr 3: 1 — 11 oraz 13 — 23.

Jeżeli z tytułu wysokiego współczynnika ($P = 94,7\%$) zaliczymy do jednej grupy zdjęcie 3 i 4, to wykluczamy, aby do tej grupy należało zdjęcie nr 12, które ze zdjęciem nr 3 ma $P < 50\%$.

Dla zdjęcia nr 2: 1 — 9, 12 — 14, 16 — 19 oraz 21.

Jeżeli zdjęcie nr 2 będzie należało do grupy zdjęć nr 3 i 4, nie można będzie tu zaliczyć zdjęć mających $P \leq 50\%$, choćby z jednym z tych trzech zdjęć. Wykluczone więc są zdjęcia: nr 10, 11, 12, 15, 20, 22, 23 i wszystkie następne.

Dla zdjęcia: nr 6: 1 — 9 oraz 16 — 17;

nr 8: 1 — 10;

nr 7: 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 16 — 19 i 21.

Włączenie zdjęć nr 6, 7, 8 do jednej grupy ze zdjęciami 2, 3, 4 spowodowałoby dalsze z niej wykluczenie zdjęć nr: 1, 5, 13, 14, 16 — 23. Należy więc zrezygnować z włączenia tych zdjęć do wyodrębnianej grupy, ponieważ wówczas wypadną z niej inne zdjęcia zmniejszając znacznie liczebność grupy.

Ze zdjęć nr 6, 7, 8 tworzy się odrębna grupa, której wartość P dla dowolnej pary jest większa od 50% .

Dalsze postępowanie jest podobne do opisanego wyżej.

W pewnym miejscu spotkamy się z trudnością wyboru, czy włączyć do grupy zdjęcie nr 19 czy 9, ponieważ wzajemnie się wykluczają ($P < 50\%$), nawiązując przy tym do innych zdjęć grupy. Włączając zdjęcie nr 9 spowodujemy nie tylko odpadnięcie zdjęcia nr 19, ale i rozłączenie zdjęć nr: 5, 10, 11 i 12. Włączamy więc do wyodrębnianej grupy zdjęcie nr 19, a zdjęcie nr 9 zajmie centralne miejsce w grupie zdjęć nr 5, 10, 11 i 12. Rycina 2.1 przedstawia ostateczny podział dendrytu na grupy jednorodne, których jest 8. Pozostały przy tym pojedyncze zdjęcia, które nie dają się zaliczyć do żadnej z grup. Stanowią one bądź skrajne przypadki, bądź zajmują miejsce pośrednie między grupami.

Jeżeli według demonstrowanej wyżej zasady podzielimy dendryt z *Querceto-Carpinetum* (ryc. 1.3), otrzymamy jedną grupę centralną i trzy pojedyncze zdjęcia odbiegające od typu (nr 19, 20, 21).

Dendryt roślinności kęp z rezerwatu «Niebieskie Źródła» rozpada się wtedy na 6 grup i 9 pojedynczych zdjęć (ryc. 3). Interpretacja florystyczna tego podziału zawarta jest w tabeli zdjęciowej (tabl. 3).

Ryc. 3. Dendryt roślinności 27 kęp w rezerwacie «Niebieskie Źródła». Objaśnienia:
 a — na kępie *Alnus glutinosa* w postaci siewki, b — *Alnus glutinosa* w postaci drzewa;
 c — *Alnus glutinosa* w postaci krzewu; d — granice grup tymczasowych, e —
 granice i numery grup jednorodnych

Tabela 3

Roślinność kęp w rezerwacie „Niebieskie źródła” nad Pilicą

Nr kępy	27	5	8	2	7	9	15	3	10	4	25	26	23	14	19	24	20	1	12	6	22	18	11	13	21	16	17
Maksymalne wyniesienie kępy nad poziom wody w m	03	04	03	05	04	02	04	01	04	04	04	04	05	05	06	07	03	04	04	04	06	05	05	04	05	04	05
Powierzchnia w m ²	43	06	08	15	42	08	12	07	11	25	17	24	14	17	11	12	18	18	12	20	06	04	11	06	10	06	24
Kształt kępy: P - płaska K - kopulasta	P	P	P	P	P	P	P	P	P	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	P	P	P	P
Nr grupy w dendrycie				I					II					III						IV					VI		
Liczba gatunków	18	12	12	14	22	14	11	18	32	18	14	12	11	12	14	11	8	13	12	15	12	7	9	14	7	12	18
Scutellaria galericulata	+	3	+	+	1	1	+	+												+							
Lycopus europaeus	+	+	+	1		+	1	+	+							+		1	+	+	+			+	2	3	2
Alnus glutinosa - krzew	3	3	3	3	5	2	3	2	4					2										3	2	3	2
Galium plaustrum	+	1		1	2	+	+		2	+								1	+			+					
Rhamnus cathartica - krz.	2		2		3	2	1		2	2															2		2
Peucedanum palustre	1	3	1	1	2	1		1	2	3	+	+		2	+	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	+
Filipendula ulmaria	2		5	1	3	2	1	2	3	2	2	+	+	2	1	1	1	2	1		1	2	1	3	1	2	2
Valeriana sambucifolia			1	1	+	1	2	+	1	+	2	+	+	+	+	+	1			1		1	2		+	+	
Carex paniculata			2	3	2	2	2	1	2	2	1			2	2	2		3	1	1		+	1				1
Valeriana officinalis				+	+	1																					
Epilobium parviflorum							1	+	+	+																	+
Iris pseudoacorus	+								+	+																	
Rumex acetosa		1							+	2					+	+	1	+									
Carex riparia		1							2	2										1							
Stachys palustris			+	2					1	+																	
Lapsana communis									1	1	1																
Glyceria aquatica	+	+							+	+	+	1												+			
Dryopteris spinulosa	1				2		2		+	2	1	1	3	1	2			3	1	5	4			1	2	2	2
Alnus glutinosa - drzewo										3	4	4	3	3	3	4	4	3	2	5	4						
Frangula alnus - krzew	2				1						3	3	2	3	2	3	2	1	2	3	2	3	2		2	3	2
Lysimachia vulgaris		+	1		2				1		+	1	+	+	3	2		1	+							1	1
Humulus lupulus	1											1	1		+	1										1	1
Padus avium - krzew						2						3	2	3	2		+	2									
Rumex hydrolopathum	1					1		+										2		+	+						
Sorbus aucuparia-krzew										1		3								3	2						
Poa trivialis								2					1	3						1	3	3	4			4	3
Carex elongata	1					1		1																			
Paris quadrifolia	1										+																+
Carex gracilis	2	1	+		+						2	1															+
Eupatium cannabinum	1		2	1						+									+	1			1				
Stellaria palustris	+																			1			1				
Lychnis flos-cuculi			+					+											+								
Cardamine pratensis			+							+																	
Solanum dalcamara			3	3					1									1								+	
Oenanthe aquatica					+			1	+																		
Equisetum palustre					2			+	+																		
Aegopodium podagraria					2	1		+	1							+											
Mentha aquatica					1			+	+															+			
Viburnum opulus - krzew					2							1					3	3							3	2	
Caltha palustris					+				2									3								+	+
Rhamnus cathartica-runo							+				+																+
Ranunculus acer								1	+									+									
Cardamine amara									1											1				+			2
Geum rivale									1																		1
Taraxacum officinale									+																		
Dryopteris thelypteris																2	1										

Gatunki sporadyczne /występujące tylko na jednej z kęp/:

Serophularia nodosa /27/, Juniperus communis - krzew /8/, nalot /7/, Leontodon autumnalis /3/, Potentilla anserina /3/, Glechoma hederacea /10/, Holcus lanatus /10/, Sium latifolium /10/, Bellis perennis /10/, Potentilla erecta /10/, Ribes Schlechtendalii - krzew /25/, Majanthe un bifolium /14/, Frangula alnus - runo /19/, Padus avium - runo /24/, Cornus sanguinea - krzew /6/, runo /6/, Alnus glutinosa - runo /18/, Mentha longifolia /13/, Menyanthes trifoliata /13/, Achillea millefolium /13/, Cirsium palustre /16/.

VI. KSZTAŁT DENDRYTU A ZAGADNIENIE JEDNORODNOŚCI MATERIAŁU

Przedstawione w tej pracy dendryty są różnorodne pod względem swojego kształtu. Różnorodność ich jest w rzeczywistości o wiele większa. Bez względu na to, od którego zdjęcia rozpoczniemy budowę dendrytu, otrzymujemy zawsze taki sam dendryt. Położenie zdjęć w dendrycie jest jednoznaczne. Otrzymanie dwóch różnych dendrytów na podstawie tej samej tablicy współczynników może być spowodowane tylko i wyłącznie przez błędy w konstrukcji.

Zdaniem twórców taksonomii wrocławskiej (Perkal 1958) nie są dendrytami figury przedstawiające uporządkowanie elementów zbioru.

Ryc. 4. Graficzne schematy podobieństwa, które nie są dendrytami

(zdjęć, zbiorowisk) przy pomocy linii nie rozgałęziającej się (ryc. 4). Ponieważ jednak w praktyce i przy użyciu właściwych metod otrzymuje się także takie schematy podobieństwa, jest uzasadnione traktowanie ich również jak figur świadczących o podobieństwie.

Proponuję zatem graficzne schematy podobieństwa otrzymane według metody taksonomii wrocławskiej dzielić na:

1. Gałęziste figury podobieństwa, czyli dendryty,
2. Liniowe figury podobieństwa, czyli lineamenty*.

W typowych przypadkach dendryty przedstawiają grupy elementów, a lineamenty szeregi elementów.

Lineamenty powstają zwykle wtedy, gdy brak w tablicy współczynników choćby jednego zdjęcia mającego wysokie współczynniki P z po-

* Łacińskie: *lineamentum* — linia, kreska, zarys, kontury.

zostałymi, tj. zdjęć, które w dendrycie lub grupie dendrytu zajmą miejsce centralne.

Zdjęcia uporządkowane liniowo charakteryzują się kolejnym zastępowaniem się gatunków. Na skutek tego zdarzają się wypadki, że dwa zdjęcia dość odległe w dendrycie (w sensie geometrycznym) nie mają w ogóle gatunków wspólnych, mimo że zdjęcia pośrednie są połączone wysokimi współczynnikami P .

Lineament przedstawia zatem najczęściej zdjęcia porządkujące się według reakcji roślinności na określony czynnik. Zdjęcia skrajne w lineamencie stanowią wtedy albo początek, albo koniec działania danego czynnika, a zdjęcia pośrednie — etapy przejściowe. Stąd wyodrębnienie większych grup w lineamencie jest zazwyczaj trudne, a często nawet niemożliwe. Nie oznacza to oczywiście bezużyteczności lineamentu. Jego największa wartość polega na wykazaniu liniowego charakteru zmian danej roślinności oraz możliwości śledzenia tendencji i kierunków zmian. Odległości (wysokości P) między zdjęciami w lineamencie charakteryzują być może wzrastanie lub malenie roli danego porządkującego czynnika siedliska. Przykładem mogą być tutaj lineamenty transektów.

Lineament wykazywać może również zmiany sezonowe w rozwoju roślinności. Można więc na przykład skonstruować lineament (lub dendryt) z wyników kolejnych obserwacji fenologicznych na jednej powierzchni próbnej. Jest oczywiste, że lineament da uporządkowanie odpowiadające kolejności czynionych obserwacji. Wartość zasadniczą będą tu miały wysokości współczynnika P między każdorazowo odnotowanymi stanami fenologicznymi roślin na danej powierzchni próbnej. Zmniejszenie odległości w lineamencie wskazywać będzie na zwiększenie tempa zmian i odwrotnie.

Gałęziste figury podobieństwa, czyli dendryty, mogą składać się z kilku lub jednej grupy. W pierwszym przypadku każda liczniejsza grupa ma zdjęcia centralne. Klasyczny przykład dendrytu i jego zastosowania do celów systematyki fitosocjologicznej znajduje się w pracy A. Matuszkiewicz (1958).

Dalsze studia nad zastosowaniem taksonomii wrocławskiej do fitosocjologii winny iść w kierunku wyświetlenia roli, jaką w szacie roślinnej odgrywają płaty lub zbiorowiska, które w dendrycie zajmują bądź miejsca skrajne, bądź pośrednie między grupami. Ich skrajny lub przejściowy charakter, jak o tym możemy się przekonać na podstawie tablic fitosocjologicznych, nie budzi wątpliwości. Wszelkie próby powiązania tych spostrzeżeń z wiadomościami o siedlisku przyniosą prawdopodobnie rozwiązanie. Wreszcie celowe wydaje się sprawdzenie każdorazowo w terenie wyniku otrzymanego metodą dendrytową.

VI. WYKORZYSTANIE DENDRYTU DO PORZĄDKOWANIA TABLICY ZDJĘCIOWEJ I DIAGRAMU CZEKANOWSKIEGO

Opracowanie tabeli zdjęciowej wymaga z reguły dokonania zmian w kolejności zdjęć, w celu wykazania wzajemnych różnic i podobieństw florystycznych. Czynność ta napotyka na olbrzymie trudności, które wzrastają z liczbą zdjęć w tabeli.

Ilość możliwych uporządkowań zdjęć w tablicy jest równa silni z liczby zdjęć ($n!$). Dla pięciu zdjęć jest możliwych uporządkowań:

$$5! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120.$$

Dla dziesięciu zdjęć istnieje 3 628 800 kombinacji, dla dwudziestu: 2 432 902 008 176 640 000 kombinacji.

Ponieważ najczęściej dla fitosocjologa kolejność zdjęć A, B, C, jest równoznaczna z kolejnością C, B, A, ilość możliwych kombinacji zmniejsza się o połowę, tj. równa się:

$$\frac{n!}{2}, \quad (3)$$

Jest to jednak zawsze liczba olbrzymia i poszukiwanie najlepszego uporządkowania na drodze kolejnego przesuwania zdjęć w tablicy jest zazwyczaj bezowocne. Bezowocność takich poszukiwań jest spowodowana jeszcze inną przyczyną.

W tabeli zdjęciowej i diagramie Czekanowskiego potrzebne jest liniowe uporządkowanie n zdjęć, które zwykle z powodu wielokrotnych nawiązań dają się uporządkować tylko w wielowymiarowej przestrzeni, tj. można je połączyć linią rozgałęziającą się (dendryt).

Opracowując więc dendryt zdjęć z danej tabeli zdjęciowej znajdujemy najlepsze położenie każdego zdjęcia względem sąsiednich. Jeżeli dendryt jest liniowy w dosłownym tego słowa znaczeniu (lineament), to znalezione uporządkowanie jest najlepsze i bez żadnych zmian nadaje się do diagramu Czekanowskiego i tabeli zdjęciowej. Takie figury należą jednak do wielkiej rzadkości, a obecność choćby jednego bocznego odgałęzienia stwarza natychmiast trzy możliwe uporządkowania. Na przykład, chcąc ustawić w tabeli zdjęciowej lub diagramie Czekanowskiego zdjęcia uporządkowane dendrytem nr 1.3, mamy do wyboru kolejności:

- a. 20—14—12—16—18—13—17—19— i dalej 22—21,
- b. 20—14—12—16—22—21 i dalej 18—13—17—19,
- c. 21—22—16—18—13—17—19 i dalej 12—14—20.

Którą z tych kolejności należy wybrać — niełatwo zdecydować. Trudność wyboru nie oznacza jednak bezużyteczności samego dendrytu do porządkowania tabeli i diagramu, ponieważ znaleźliśmy dla wielu zdjęć uszeregowanie, które daje się wykorzystać bez zmian. Zresztą ułożenie zdjęć w każdej z tych trzech możliwych kolejności daje wynik godny uwagi.

Dotychczasowe doświadczenia przy wykorzystaniu dendrytu do porządkowania diagramów i tabeli zdjęciowej pozwalają podać tylko kilka ogólnych uwag:

1. Ustalanie kolejności zdjęć w tabeli na podstawie dendrytu rozpoczynamy od skrajnego zdjęcia.
2. Kolejność zdjęć w głównym pniu dendrytu zachowujemy zawsze wtedy, gdy boczne odgałęzienia połączone są z nim niskimi wartościami P .
3. Zdjęcia centralne w dendrycie lub w grupie winny zająć podobne miejsce w tabeli.
4. Jeżeli główny pień dendrytu składa się ze zdjęć mało do siebie podobnych, a w odgałęzieniach wartość P jest wyższa, rezygnujemy z kolejności przedstawionej w głównym pniu i zapisujemy kolejno zdjęcia każdej następnej grupy.

VIII. DENDRYTY I LINEAMENTY TRANSEKTÓW

Niżej przedstawione rozumowanie wymaga przyjęcia następujących założeń:

1. Jeżeli roślinność zmienia się regularnie na zboczu w określonym kierunku, to jest to spowodowane zmianą czynników siedliskowych.
2. Zmienność roślinności na zboczu polega na kolejnym zastępowaniu się gatunków w następujących po sobie płatach, więc jest to zmienność liniowa.
3. Jeżeli zmienność ta ma charakter liniowy, to graficzny schemat podobieństwa wytyczonego na zboczu transektu powinien mieć kształt liniowy (lineament), a kolejność powierzchni próbnych w lineamencie odpowiadać będzie ich kolejności w transekcje.

Tabela 2 stanowi zestawienie materiałów uzyskanych z wytyczenia transektu na zboczu. Wzdłuż liny wytyczono kolejno 36 powierzchni próbnych w kształcie kwadratu o boku 1 m. Wykonano więc właściwie 36 zdjęć fitosocjologicznych, na bardzo małych powierzchniach, numerowanych kolejno poczynawszy od wierzchołka zbocza. Tabela 2 posłużyła do opracowania według poznanej zasady dendrytu. Numery w dendrycie odpowiadają numerom powierzchni próbnych w transekcje. Otrzyma-

liśmy dendryt, a nie spodziewany lineament (ryc. 2.1). Mogą stąd płynąć dwa wnioski:

- 1) zmienność roślinności na zboczu nie ma charakteru liniowego, albo
- 2) powierzchnie 1 m^2 są zbyt małe, aby były w stanie odzwierciedlać istotne tendencje zmian w roślinności porastającej zbocze.

Przyjmujemy do sprawdzenia wnioszek drugi, opierając się na przypuszczeniu, że prosty przypadek może spowodować brak na danej powierzchni próbnej akurat tych gatunków, które są czułe na zmiany działania czynników siedliskowych. Sprawdzenia wniosku dokonać tylko można używając większych powierzchni próbnych. Ponieważ w transekcie każda powierzchnia próbna graniczyła od góry z poprzedzającą (z wyjątkiem pierwszej), a od dołu z następną, nic nie stoi na przeszkodzie, aby sąsiednie powierzchnie połączyć po dwie lub trzy. Oczywiście jest to tylko dopuszczalne w transekcie, a nigdy przy zdjęciach fitytosocjologicznych.

Połączono więc powierzchnie 1 z 2, 3 z 4 itd. W ten sposób powstały powierzchnie o wielkości 2 m^2 , w stosunku do pierwotnych bogatsze w gatunki. Dla nich opracowano nowy dendryt (ryc. 2.2). Dendryt ma kształt bardziej liniowy, a większość powierzchni jest uszeregowana w kolejności transektu. Wyodrębniające się w nim grupy powierzchni dają się scharakteryzować obfitym występowaniem pewnych gatunków. I tak na powierzchniach od 1—12 występuje zawsze *Melica nutans*, od 1—22 *Hepatica nobilis*, od 27—36 *Rubus idaeus* (patrz tabela 2).

Powiększenie powierzchni próbnych do 3 m^2 przez łączenie w jedną trzech sąsiednich ((1—3, 4—6) pozwala na opracowanie dendrytu prawie liniowego (tylko z jednym bocznym odgałęzieniem). Kolejność powierzchni próbnych jest przy tym w zasadzie zgodna z transektem (ryc. 2.3).

Jak wynika z dendrytów, powiększenie powierzchni próbnych pozwala wykazać liniowy charakter zmian roślinności na zboczu. Podkreślam, że dendryt znalazł tu dodatkowe zastosowanie, mianowicie przy określaniu dolnej granicy wielkości powierzchni próbnej. Granica ta dotyczy oczywiście tylko tego konkretnego transektu.

Zasady interpretacji graficznych schematów podobieństwa dla transektów wymagają jeszcze szczegółowego opracowania i przedyskutowania.

IX. OCENA METODY DENDRYTOWEJ

1. Taksonomia wrocławska jest metodą obiektywną. Jej obiektywność jest tego rodzaju, że można skonstruować maszynę budującą dendryty (Perkal 1953). Spiesznej mechanizacji wymaga jednak nie samo konstruowanie dendrytu, a wcześniejsze prace, to jest opracowywanie

tablicy współczynników. Konstruowanie dendrytu przez samego badacza ma cenną zaletę, ponieważ zmusza do uważnego zapoznania się z tablicą współczynników i ułatwia późniejszą interpretację. Opracowywanie tablicy współczynników, mimo że znacznie ostatnio ułatwione przez zastosowanie do obliczania gatunków wspólnych metody prof. Demianowicza i zastąpienie żmudnych rachunków tablicami Falińskiego (1958), jest ciągle czynnością, która wymaga wiele nakładu pracy i wysiłku. Istnieje przy tym obawa popełnienia omyłek.

Budowa maszyny, obliczającej gatunki wspólne na zasadzie metody prof. Demianowicza, nie stanowi problemu technicznego. Wymaga tylko użycia baterii liczników elektromagnetycznych i zastąpienia tradycyjnej tablicy zdjęciowej płytą perforowaną lub matrycą układaną ze specjalnych klocków.

2. Uporządkowanie zdjęć w dendrycie jest jednoznaczne. Na podstawie danej tablicy współczynników zbudować można tylko jeden dendryt. Otrzymanie dwóch różnych dendrytów może być spowodowane tylko błędami w konstrukcji.

3. Niekiedy, zwłaszcza wśród antropologów, wygłaszano sądy, że metoda dendrytowa jest mało selektywna i nie zawsze potwierdza wyniki badań osiągnięte na innej drodze.

Zarzut małej selektywności jest zupełnie bezpodstawny. Jeżeli w dendrycie wyodrębnianie grup jest niemożliwe, to nie jest to winą samej metody, lecz jest spowodowane charakterem materiału wziętego do badań. Przy tym istnieją możliwości: albo materiał jest źle zebrany i nie charakteryzuje prawidłowo zbiorowiska, albo jest dobrze zebrany, a zbiorowisko jest bardzo jednorodne, więc wyróżnianie grup jest niemożliwe. Wreszcie, przy prawidłowo zebranych materiale, może się okazać, że zbiorowisko jest na tyle niejednorodne, że każde zdjęcie stanowi dla siebie wybitnie odrębny płat.

4. Metoda dendrytowa pozwala klasyfikować zbiorowiska roślinne różnej rangi, śledzić i ilustrować wzajemne podobieństwa i różnice między płatami i — być może — określać tendencje i kierunki zmian w szacie roślinnej. Prócz tego dendryt jest pomocny przy porządkowaniu tablicy zdjęciowej i diagramu Czekanowskiego.

5. Na osobną uwagę zasługuje możliwość konstruowania dendrytów gatunków na tle zbiorowisk. Są to tak zwane dendryty dualne. Ograniczona ilość miejsca nie pozwoliła na demonstrację takiego dendrytu. Opracowywanie dendrytu dualnego można oprzeć na zwykłej tabeli zdjęciowej. Na jej podstawie porównujemy każdy gatunek z każdym pod względem występowania w poszczególnych zdjęciach fitosocjologicznych, czyli liczymy w ilu zdjęciach występują jednocześnie oba gatunki każdej

pary. Stosunek liczby zdjęć wspólnych do sumy zdjęć, w których występują oba gatunki będzie miarą podobieństwa (skojarzenia) gatunków. Uzyskane wartości liczbowe podstawiamy do wzoru Sørensen'a (1948) i gromadzimy w tablicy współczynników według poznanej zasady. Poszczególne symbole wzoru Sørensen'a (2) będą wtedy oznaczały:

- P — współczynnik skojarzenia gatunków w ‰ (Motyka 1947),
- $a + b$ — suma zdjęć, w których występują oba gatunki,
- c — liczba zdjęć wspólnych.

Konstrukcja dendrytu dualnego jest identyczna jak w wypadku zwykłego dendrytu.

6. Należy postawić pytanie, w jakim stopniu dendryt ilustruje rzeczywiste podobieństwo florystyczne między zdjęciami. Zależy to oczywiście w dużym stopniu od samej tablicy współczynników. Obliczając sumy gatunków i liczby gatunków wspólnych traktowano wszystkie gatunki jednakowo bez względu na ich stopień pokrycia. Wzięto więc pod uwagę tylko fakt, czy dany gatunek występuje w zdjęciu (1), czy nie (0).

Z socjologicznego punktu widzenia nie jest jednak obojętny fakt, czy np. *Stellaria nemorum* występuje w stopniu pokrycia „+” czy „5” i czy jest jej więcej lub mniej od innego gatunku, np. *Stellaria holostea*.

Ważną próbę uwzględnienia stopnia pokrycia przy obliczaniu współczynników podobieństwa stanowią prace o dąbrowach Białowieży A. Matuszkiewicz (1955) i zespołach leśnych leśnictwa Ruda k. Puław W. i A. Matuszkiewiczów (1956 b). Autorzy traktowali współczynnik podobieństwa jako stosunek sumy stopni, pokrywania gatunków wspólnych obu zdjęciom (c) do sumy stopni pokrywania wszystkich gatunków w obu zdjęciach ($a + b$).

Waloryzowanie wartości a , b i c stopniami pokrycia pozwala przynajmniej w części uwzględnić rolę gatunków w płacie roślinnym.

Nie mniej ważną sprawą jest uwzględnienie pionowego zróżnicowania roślinności, zwłaszcza w zespołach leśnych. Traktowanie jednakowo dębu w drzewostanie i jego nalotu w runie byłoby oczywiście czystym absurdem. Pewnym, chociaż nie najlepszym, wyjściem z tej sytuacji jest wypisanie danego gatunku w tabeli zdjęciowej tyle razy, w ilu warstwach występuje. Przy obliczaniu gatunków wspólnych i sum gatunków traktujemy każdy zapis, jakby dotyczył odrębnego gatunku (patrz tabela 1). Jest to o tyle uzasadnione, że skala wymagań ekologicznych i stosunki socjalne tego samego gatunku są różne w różnych warstwach fitocenozy. Czy uwzględnić przy tym tylko warstwy zasadnicze, czy również podrzędne — nie potrafimy zdecydować.

7. Przy opracowywaniu dendrytu zbiorowisk (na podstawie tablicy zbiorczej z kilku tabel zdjęciowych) zróżnicowania wymaga przede

wszystkim pospolitości gatunków określana stopniami stałości. Obecność gatunków waloryzuje się wtedy stopniem stałości i uwzględnia się przy obliczaniu współczynnika P (Matuszkiewicz W., Polakowska M. 1955).

8. Trudności wyżej opisane nie wynikają z samej metody dendrytowej, lecz spowodowane są niemożliwością sprowadzenia skomplikowanych faktów przyrodniczych do prostych liczb.

Mimo tych trudności i zastrzeżeń, przy użyciu metody dendrytowej, osiągnięto ciekawe rezultaty w fitosocjologii. Zmechanizowanie czynności przygotowujących tablicę współczynników i opracowanie niektórych szczegółów z zakresu interpretacji dendrytu może uczynić z tej metody ważne narzędzie pracy fitosocjologa i przyrodnika w ogóle.

X. STRESZCZENIE

1. Taksonomia wrocławska, zwana metodą dendrytową, znalazła ważne zastosowanie w różnych dziedzinach nauki, techniki i gospodarki (Perkal 1953). Do fitosocjologii wprowadzili ją A. Matuszkiewicz (1955) oraz W. Matuszkiewicz i M. Polakowska (1955).

2. Dendryt łączy zdjęcia fitosocjologiczne (lub zbiorowiska) według zasady największego podobieństwa florystycznego przy pomocy linii rozgałęziającej się.

Niekiedy, mimo użycia właściwej metody, otrzymany schemat podobieństwa nie jest dendrytem, to znaczy, że przedstawia zbiór zdjęć (lub zbiorowisk) połączonych linią nie rozgałęziającą się. Takie schematy podobieństwa proponuje autor nazwać liniowymi figurami podobieństwa, czyli lineamentami.

3. W pracy niniejszej zademonstrowano przygotowanie tablicy współczynników oraz konstrukcję dendrytu. Tablica współczynników zawiera wartości współczynnika podobieństwa P , odbliczonego według wzoru Sørensen'a (2) dla każdej pary zdjęć. Wartość współczynnika P mieści się w granicach 0—100%. Dwa zdjęcia są tym podobniejsze im mają współczynnik P bliższy 100%. Konstrukcja dendrytu polega na łączeniu odcinkami zdjęć wykazujących najwyższe wartości P .

4. Ważniejsze zastosowania metody dendrytowej w fitosocjologii:

a. porządkowanie zdjęć fitosocjologicznych (lub zbiorowisk) w grupy i szeregi,

b. ukazanie wzajemnych nawiązań i podobieństwa między zdjęciami (lub zbiorowiskami),

c. duża pomoc przy porządkowaniu tablicy zdjęciowej i diagramu Czekanowskiego.

5. Przy okazji omawiania metody dendrytowej zdefiniowano dwa zdjęcia jako podobne, jeżeli mają więcej niż połowę gatunków wspólnych, to znaczy współczynnik podobieństwa wyższy od 50%.

6. W pracy przedstawiono również sposób podziału dendrytu na grupy jednorodne. Grupy jednorodne są to takie grupy, w których każda dowolna para zdjęć ma więcej niż połowę gatunków wspólnych (P większe od 50%).

7. Dalsze studia nad zastosowaniem taksonomii wrocławskiej do fitytosocjologii winny iść w kierunku opracowania zasad interpretacji dendrytów i lineamentów oraz wyjaśnienia roli, jaką w szacie roślinnej odgrywają płaty lub zbiorowiska zajmujące w graficznych schematach podobieństwa miejsca skrajne lub pośrednie między grupami.

Dziękuję uprzejmie prof. dr W. Matuszkiewiczowi za podane mi cenne rady i wskazówki oraz prof. dr J. Perkalowi za łaskawe przedyskutowanie ze mną niektórych problemów związanych z zastosowaniem taksonomii wrocławskiej.

Instytut Botaniki PAN

w Warszawie

Pracownia Fitytosocjologii Leśnej

(Wpłynęło dn. 2.11.1959 r.)

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die „Breslauer Taxonomie“. „Dendrit“-Methode genannt, fand wichtige Anwendung auf verschiedenen Gebieten der Wissenschaft, der Technik und auch der Wirtschaft (Perkal 1953). In die Pflanzensoziologie wurde sie durch Matuszkiewicz A. (1959), Matuszkiewicz W. und Polakowska M. (1955) eingeführt.

2. Der Dendrit verbindet pflanzensoziologische Aufnahmen nach dem Prinzip der grössten floristischen Ähnlichkeit, mittels einer sich verzweigenden Linie.

Es kann zutreffen, dass das erhaltene Ähnlichkeitsschema trotz Anwendung der richtigen Methode kein Dendrit ist, sondern eine geradlinig angeordnete Sammlung von Aufnahmen (oder Gesellschaften) darstellt. Der Verfasser schlägt vor, derartige Ähnlichkeitsschema als Linealähnlichkeitsfiguren, also Lineamenta zu benennen.

3. In dieser Arbeit demonstriert der Verfasser die Vorbereitung einer Tabelle der Ähnlichkeitskoeffizienten, sowie die Konstruktion des Dendrits. Die Koeffiziententabelle enthält Werte der Ähnlichkeitskoeffizienten P berechnet nach der Formel von Sørensen (2) für jedes Aufnahmepaar. Der Wert des Koeffizienten P liegt zwischen 0 und 100%. Die Konstruktion des Dendrits beruht auf der Verbindung durch Linienabschnitte je solcher Aufnahmen, welche die höchsten P -Werte aufweisen.

4. Wichtigere Anwendungen der „Dendrit“-Methode in der Pflanzensoziologie sind folgende:

- a. bei der Ordnung von pflanzensoziologischen Aufnahmen oder Gesellschaften in Gruppen und Reihen,
- b. beim Nachweis von gegenseitigen Anknüpfungen und Ähnlichkeiten zwischen den Aufnahmen oder Gesellschaften,
- c. als Hilfe bei der Ordnung der Ähnlichkeitstabelle nach Czekanowski.

5. Anlässlich der Besprechung der „Dendrit“-Methode wurde hier definiert, dass zwei Aufnahmen ähnlich sind, wenn sie mehr als die Hälfte gemeinsamer Arten aufweisen, d.h. wenn der Ähnlichkeitskoeffizient höher als 50% ist.

6. Es wurde auch Art und Weise der Aufteilung eines Dendrits in homogene Gruppen dargestellt. Homogen sind solche Gruppen, in welchen jedes beliebige Aufnahmepaar mehr als die Hälfte gemeinsamer Arten (P grösser als 50%) aufweist.

7. Weitere Studien über die Anwendung der „Breslauer Taxonomie“ in der Pflanzensoziologie sollten folgende Tragen in Angriff nehmen: die Bearbeitung der Interpretationsprinzipien der Dendriten und Lineamenta, als auch die Aufklärung der Rolle, die in der Pflanzendecke solche Bestände oder Gesellschaften spielen, welche im graphischen Ähnlichkeitsschema Rand- oder Mittelstellungen einnehmen.

Botanisches Institut der Polnischen

Akademie der Wissenschaften

Laboratorium für forstliche Vegetationskunde

in Warszawa

LITERATURA

- Czekanowski J., 1909, Zur Differenzialdiagnose der Neanderthalgruppe, *Korrespondenz-Blatt d. D. G. f. Anthr. und Urgesch.* 11 (6/7), Braunschweig.
- Faliński J. B., 1958, Nomogramy i tablice współczynników podobieństwa między zdjęciami fitosocjologicznymi według wzoru Jaccarda i Steinhausa, *Acta Soc. Bot. Pol.* 27 (1): 115—130.
- Florek i inni, 1951, *Taksonomia wrocławska*, *Przegląd Antropologiczny*, 17: 193—207; Poznań.
- Guinochet M., Casal P., 1957, Sur l'analyse différentielle de Czekanowski et son application à la phytosociologie, *Bulletin du Service de la Carte Phytogéographique, Série B* 2 (1): 25—33.
- Lukaszewicz J., 1951, Sur la liaison et la division des pionts d'un ensemble fini, *Colloquium Mathematicum*, 2: 282—285, Wrocław.
- Kowal T., Kuźniewski E., 1958, Metoda dendrytowa i sposób jej stosowania, *Wiadomości Botaniczne*, 2 (3): 141—147.
- Kowal T., Kuźniewski E., 1959, Uogólnienie metody dendrytowej i zastosowanie jej do systematyki roślin na przykładzie rodzajów *Chenopodium* L. i *Atriplex* L., *Acta Soc. Bot. Pol.*, 28 (2): 249—262.
- Kulczyński S., 1940, *Torfowiska Polesia*, 2, Kraków.

- Kuźniewski E., 1956, Rodzaj *Sagittaria* w świetle Taksonomii Wrocławskiej, Acta Soc. Bot. Pol., 25 (2): 275—284.
- Matuszkiewicz A., 1955, Stanowisko systematyczne i tendencje rozwojowe dąbrów białowieskich, Acta Soc. Bot. Pol., 24 (2): 459—494.
- Matuszkiewicz A., 1958, Materiały do fitosocjologicznej systematyki buczyn i pokrewnych zespołów (związek *Fagion*) w Polsce, Acta Soc. Bot. Pol., 27 (4): 675—725.
- Matuszkiewicz W., Polakowska M., 1955, Materiały do fitosocjologicznej systematyki borów mieszanych w Polsce, Acta Soc. Bot. Pol., 24 (2): 421—458.
- Matuszkiewicz W., Matuszkiewicz A., 1956a, Materiały do fitosocjologicznej systematyki ciepłolubnych dąbrów w Polsce, Acta Soc. Bot. Pol., 25 (1): 28—72.
- Matuszkiewicz W., Matuszkiewicz A., 1956b, Pflanzensoziologische Untersuchungen im Forstrevier „Ruda“ bei Puławy, Acta Soc. Bot. Pol., 25 (2): 331—400.
- Matuszkiewicz W., Borowik M., 1957, Materiały do fitosocjologicznej systematyki lasów łęgowych w Polsce, Acta Soc. Bot. Pol., 26 (4): 719—756.
- Matuszkiewicz W., Traczyk H., Traczyk T., 1958, Materiały do fitosocjologicznej systematyki zespołów olsowych w Polsce, Acta Soc. Bot. Pol., 27 (1): 21—44.
- Motyka J., 1947, O celach i metodach badań geobotanicznych, Annales UMCS, Sectio C, Suppl. I, Lublin.
- Perkal J., 1953, Taksonomia Wroclawska, Konferencja Antropologiczna w sprawie metod taksonomicznych we Wrocławiu w dniach od 27.XII do 29.XII.1951. 82—96, Poznań.
- Perkal J., 1958, Matematyka dla rolników, Część I, Warszawa, PWN, 254.
- Ružička M., 1958, Anwendung mathematisch-statistischer Methoden in der Geobotanik, (Synthetische Bearbeitung von Aufnahmen). Biologia, 13 (9): 647—661, Bratislava.
- Sławiński W., 1950, Podstawy fitosocjologii, Cz. III, Lublin.
- Sørensen T., 1948, A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr. 1—34.