

JAN TAMULEWICZ

TYPOLOGIA REŻIMU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH POLSKI PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ W UJĘCIU TAKSONOMICZNYM

ZARYS TREŚCI

Wychodząc z definicji typu jako miejsca skupiania się punktów w przestrzeni wielowymiarowej dokonano wielocechowej klasyfikacji zbioru 4526 pentad na podzbiory jednorodne. Wspomniany zbiór (73 pentady w roku dla każdej z 62 stacji meteorologicznych na obszarze Polski północno-zachodniej) poddano klasyfikacji w ujęciu taksonomicznym. Algorytm zaproponowanej metody badawczej uwzględnia pewną funkcję „gęstości otoczenia” oraz funkcję potencjałową. Wyniki przeprowadzonej typologii reżimu opadowego zweryfikowano metodą składowych głównych Hotellinga.

WPROWADZENIE

Istotnym, choć nie w pełni rozwiązany, problemem w klimatologii jest zagadnienie kompleksowego ujęcia stopnia podobieństwa, bądź oszacowania różnicy pomiędzy obiektami badawczymi. Obiektem badawczym w takim rozumieniu może być zarówno konkretna miejscowość (stacja meteorologiczna), jak również jednostka czasowa typu dekady, miesiąca, roku itp. W świetle literatury charakterystyka stosunków klimatycznych sprowadza się zazwyczaj do analizy kolejno poszczególnych elementów meteorologicznych. W przypadku zaś charakterystyki tylko jednego elementu meteorologicznego podobna analiza obejmuje kolejno kilka odpowiednich wskaźników.

Nawiązując do kwestii zawartej w tytule można stwierdzić, że opady atmosferyczne analizuje się najczęściej przez omówienie kolejno (niejako równoległe) takich wskaźników pluwiometrycznych jak: suma opadów, częstość dni z opadem, intensywność opadów oraz ich trwałość. Analiza kolejno kilku wskaźników pluwiometrycznych nie przesądza jeszcze o kompleksowym ujęciu charakterystyki stosunków opadowych. Jest to co najwyżej szersza analiza tego elementu meteorologicznego, a nie jego charakterystyka kompleksowa sensu stricto. Kompleksowe podejście powinno podiągać za sobą jednoczesne, a nie równoległe tylko uwzględnienie szeregu wskaźników pluwiometrycznych.

W niniejszym artykule przedstawiono propozycję pewnej metody

badawczej, pozwalającej na wielo cechową klasyfikację typologiczną reżimu opadów atmosferycznych. Proponowana metoda stwarza, między innymi, możliwość kompleksowego oszacowania podobieństwa pomiędzy obiektami.

POSTAWIENIE PROBLEMU BADAWCZEGO

Celem niniejszego opracowania jest próba klasyfikacji typologicznej reżimu opadów. Pod pojęciem „reżim opadów atmosferycznych” autor rozumie całość zjawisk pluwiometrycznych ujętych kompleksowo (analizowanych jednocześnie), charakteryzującą stosunki opadowe badanych obiektów. Za podstawowe obiekty badawcze przyjęto okresy pięciodniowe (pentady). W każdej stacji wyróżniono 73 pentady w roku. Na obszarze badań uwzględniono 62 stacje i posterunki meteorologiczne. W rezultacie otrzymano zbiór 4526 pentad. Reżim opadowy każdej pentady określono przez średnie wartości (z okresu 1951 - 1970) pięciu następujących wskaźników:

- 1) sumę opadów wyrażoną w milimetrach,
- 2) częstość dni z opadem wyrażoną w procentach,
- 3) obfitość opadów, liczbowo określoną przez ilość milimetrów opadu przypadającą na średni dzień z opadem,
- 4) liczbę dni z opadem bardzo słabym ($\leq 1,0$ mm) wyrażoną w procentach,
- 5) liczbę dni z opadem silnym (powyżej 10,0 mm) wyrażoną w procentach.

W ten sposób uzyskano tablicę informacji pierwotnej, obejmującą ogółem 22 630 wartości liczbowych dotyczących reżimu opadowego Polski północno-zachodniej.

Przewodni problem badawczy polega na tym, aby wychodząc ze zbioru 4526 pentad, z których każda opisana została zespołem pięciu wskaźników pluwiometrycznych, wyznaczyć podzbiory maksymalnie jednorodne ze względu na dany zespół wskaźników. Wyznaczone podzbiory stanowiłyby pewne klasy typologiczne reżimu opadów atmosferycznych.

Postawiony cel badawczy postanowiono osiągnąć przez zastosowanie procedury klasyfikacji w ujęciu taksonomicznym. Metody taksonomii numerycznej opierają się na liczbowym oszacowaniu podobieństwa między obiektami i prowadzą do porządkowania tych obiektów na podstawie ich podobieństwa (Z. Chojnicki 1970).

WSTĘPNY ETAP OPRACOWANIA MATERIAŁU STATYSTYCZNEGO

Zbiór 4526 pentad stanowi elementy macierzy informacji pierwotnej. Obrane wskaźniki pluwiometryczne pełnią funkcję zmiennych. Od chwili kiedy macierz informacji została rozłożona na pewną (zgodną z liczbą

wskazników) liczbę niezależnych składowych, tworzących w interpretacji geometrycznej wiązkę prostopadłych osi w przestrzeni wielowymiarowej, możliwy staje się pomiar odległości pomiędzy poszczególnymi obiektami. Poszczególne pentady traktujemy w tym przypadku jako punkty w pięciowymiarowej przestrzeni. Współrzędne każdego punktu to odpowiednie wartości poszczególnych zmiennych. Fakt zastosowania metody odległości geometrycznej w przestrzeni wielowymiarowej podąża za sobą konieczność doprowadzenia wszystkich wymiarów przestrzeni (wartości cech) do postaci porównywalnej. Celowi temu służy standaryzacja danych. Ma ona postać translacji polegającej na wyrażeniu wartości danej zmiennej w liczbie odchyłeń standardowych.

Następny etap stosowanej procedury — estymacja wielocechowa podobieństwa pentad — został dokonany przy zastosowaniu współczynników odległości. Współczynniki odległości są miarą podobieństwa opartą na pojęciu odległości w geometrii analitycznej. Bliskie położenie punktów (pentad) w przestrzeni wielowymiarowej oznacza ich duże podobieństwo, zaś oddalanie się punktów oznacza zmniejszanie się podobieństwa.

Obliczono odległości pomiędzy wszystkimi pentadami zbioru, zgodnie z formułą:

$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{kj})^2}$$

$$i \neq k = 1, 2, \dots, n \quad (1, 2, \dots, 4526)$$

$$j = 1, 2, \dots, m \quad (1, 2, 3, 4, 5)$$

gdzie d_{ik} — odległość pomiędzy i -tym i k -tym obiektem w przestrzeni, z_{ij} — standaryzowana wartość j -tej cechy dla i -tego obiektu, z_{kj} — standaryzowana wartość j -tej cechy dla k -tego obiektu.

Wyniki obliczeń układamy następnie w macierz odległości stopnia 4526×4526 . Macierz ta zawiera pełną informację o relacjach podobieństwa (w sensie odległości geometrycznej) pomiędzy wszystkimi pentadami.

PRÓBA KLASYFIKACJI TYPOLOGICZNEJ OPARTEJ NA FUNKCJI „GĘSTOŚCI OTOCZENIA” ORAZ FUNKCJI POTENCJAŁU

Z punktu widzenia stosowanych w geografii indywidualizujących metod taksonomicznych typem nazywa się zespół wartości cech, który realizuje się w danym miejscu przestrzeni wielowymiarowej częściej niż w każdym innym miejscu bezpośrednio z nim sąsiadującym (Z. Wysoczkowski 1965). W języku geometrycznym będzie to zatem miejsce większego skupiania się punktów indywidualnych.

Takie przyjęcie definicji typu skłoniło autora do poszukiwania metody, której algorytm byłby analogiczny do stosowanego w metodach

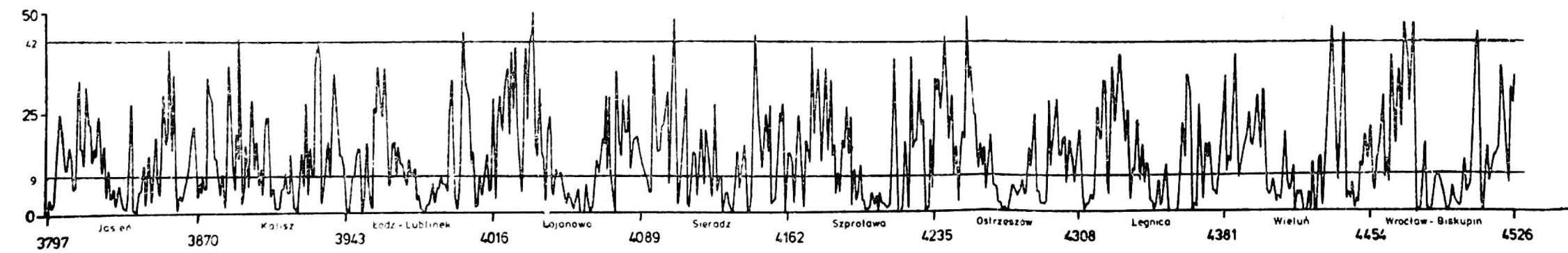
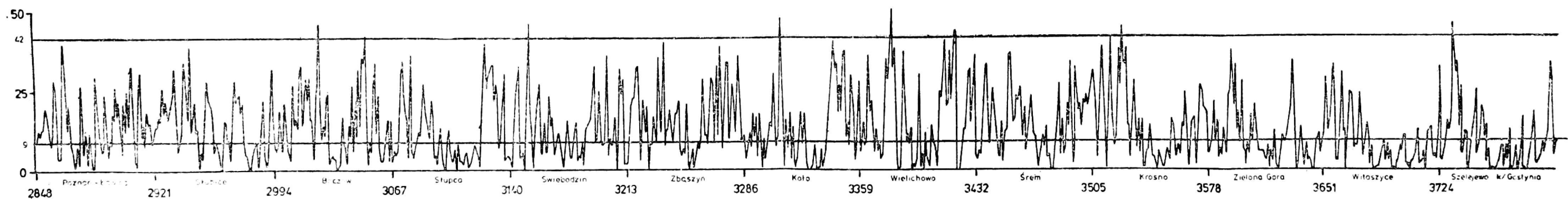
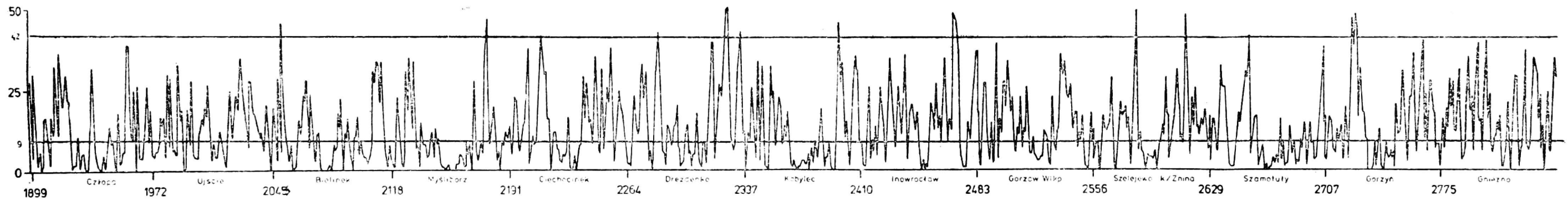
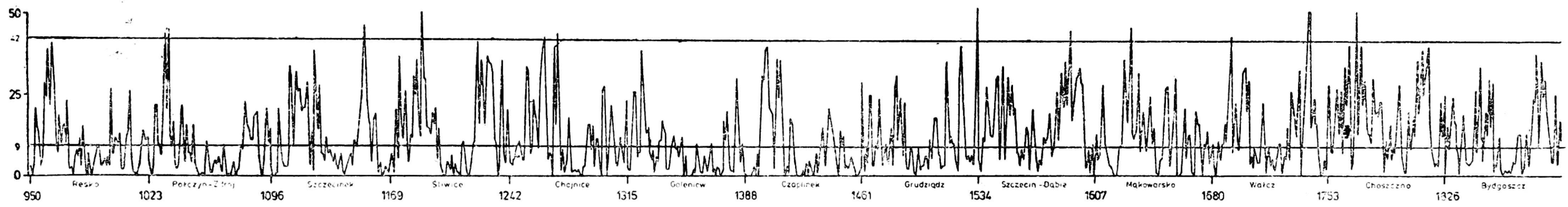
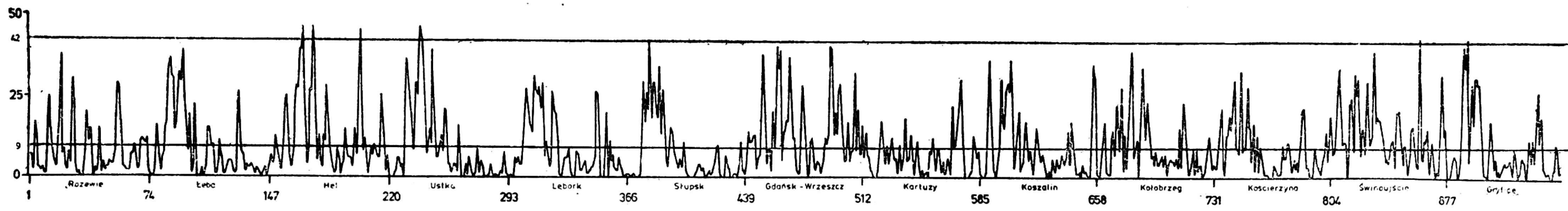
analizy skupień. Procedura grupowania przy zastosowaniu tych metod obejmuje zwykle dwa stadia (Z. Chojnicki, T. Czyż 1973):

- 1) wyodrębnienie jąder skupień,
- 2) alokację pozostałych jednostek zbioru do tych jąder.

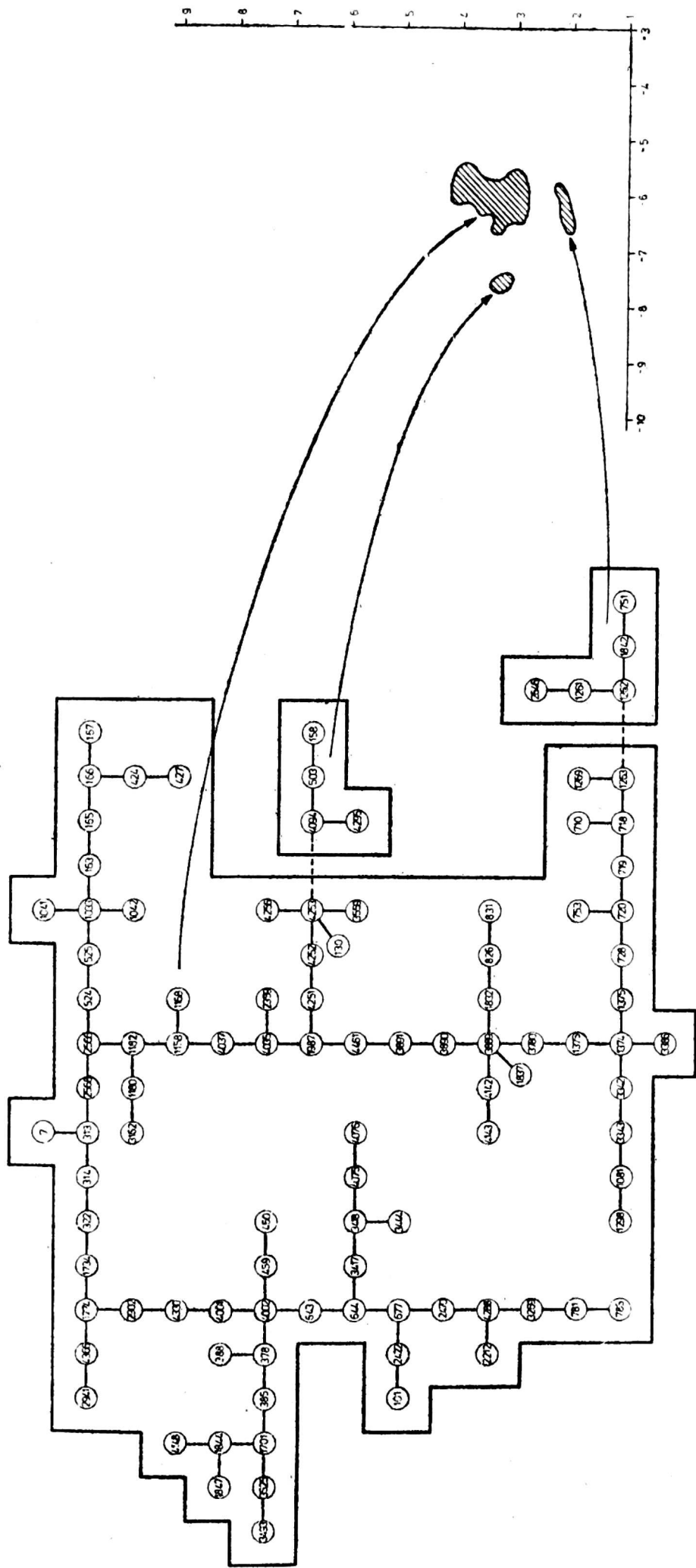
Wydaje się, że za jądra skupień można uznać te pentady, wokół których skupia się względnie duża liczba innych pentad. Wyodrębnienie jąder skupień staje się możliwe po określeniu miejsc przestrzeni wielowymiarowej o dużym zagęszczeniu pentad. W tym celu zaproponowano pewną funkcję gęstości dla wszystkich pentad zbioru. Zliczono mianowicie liczbę pentad znajdujących się w otoczeniu każdej pentady. Za jednostkę „otoczenia” przyjęto przestrzeń wokół każdej pentady zbioru ograniczoną promieniem o długości równej $\bar{d} + 2Sd$, gdzie \bar{d} oznacza średnią odległość wyliczoną ze zbioru najkrótszych odległości między pentadami (z macierzy odległości), zaś Sd jest odchyleniem standardowym tych odległości. Obliczenia wykazały, że wyznaczone w taki sposób otoczenia pentad zawierały od 0 do 56 innych pentad (rys. 1). Następnie identyfikując wszystkie pentady, których otoczenia zawierały kolejno co najmniej 42, 39, 36, ..., 15, 12, 9 pentad, uzyskiwano pewne zbiory pentad o różnej gęstości otoczenia. W tym miejscu wyłania się zagadnienie lokalizacji tych kolejnych zbiorów w przestrzeni. Nie jest bowiem obojętne czy pentady o danej gęstości otoczenia znajdują się w jednym tylko miejscu przestrzeni, stanowiąc w ten sposób jeden tylko zbiór jednorodny, czy też zlokalizowane są w kilku miejscach, tworząc w efekcie kilka podzbiorów jednorodnych. Podziału zbiorów pentad o różnej gęstości otoczenia na podzbiory jednorodne dokonano metodą dendrytu wrocławskiego. Wyniki licznych zastosowań tej metody wskazują, że jest ona przydatną dla klasyfikacji niezbyt licznych zbiorowości (W. Młynarczyk 1970, R. Jedut 1971).

Twórcy metody dendrytu wrocławskiego — K. Florek, J. Łukasiewicz, J. Perkal, H. Steinhaus i S. Zubrzycki (1951) — podają, że polega ona na porządkowaniu obiektów zgodnie z zasadą bezpośredniego podobieństwa, co w języku geometrycznym oznacza najmniejszą odległość. Przez dendryt rozumie się linię łączącą każdy obiekt zbioru z jego najbliższym sąsiadem. Podział zbioru na podzbiory opiera się o kryterium odległości krytycznej w dendrycie. Ten sposób podziału dendrytu polega na jego rozerwaniu w miejscach, w których długość odcinka łączącego sąsiednie obiekty przekracza odległość krytyczną. Najczęściej za wartość krytyczną przyjmuje się wielkość równą $\bar{d} + 2Sd$, gdzie \bar{d} jest średnią odległością w dendrycie, a Sd — odchyleniem standardowym odległości w dendrycie.

Stosując metodę dendrytową do podziału kolejno każdego z 12 wyróżnionych zbiorów pentad (o gęstościach otoczenia od 42 do 9) uzyskiwano w poszczególnych przypadkach od 1 do 4 podzbiorów jednorodnych.



Rys. 1. Liczba pentad w „otoczeniu” poszczególnych pentad badanego zbioru



Rys. 2. Schemat podziału zbioru pentad o gęstości otoczenia „39” oraz lokalizacja podzbiorów jednorodnych w układzie składowych głównych

Dla przykładu weźmy zbiór pentad, które posiadały co najmniej 39 innych pentad w swoim otoczeniu. Okazuje się, że spośród wszystkich 4526 pentad 103 pentady posiadają tę właśnie gęstość otoczenia. Po zastosowaniu metody dendrytu okazało się, że zbiór 103 pentad dzieli się na trzy podzbiory jednorodnie liczące 94, a następnie 5 oraz 4 pentady (rys. 2).

Weryfikacja tego podziału oraz analogicznych podziałów dla zbiorów pentad o innych gęstościach otoczenia jest możliwa przy zastosowaniu metody składowych głównych Hotellinga. Podstawy metodologiczne metody składowych głównych podają w swych pracach między innymi S. Daultrey (1976) oraz J. B. Racine i H. Reymond (1977). Najogólniej biorąc za pomocą metody składowych głównych przestrzeni wielowymiarową można przedstawić za pomocą mniejszej liczby wymiarów. W metodzie składowych głównych z macierzy informacji tworzymy macierz kowariancji. Następnie po przekształceniach związanych z utworzeniem macierzy składowych głównych oraz rozwiązaniu odpowiednich równań wyznacznikowych możemy obliczyć pierwiastki charakterystyczne. Cały analizowany zbiór 4526 pentad dla kolejnych równań wyznacznikowych posiadał następujące pierwiastki charakterystyczne: $\lambda_1 = 67,37811$, $\lambda_2 = 21,68429$, $\lambda_3 = 2,91561$, $\lambda_4 = 0,35896$, $\lambda_5 = 0,06095$. Pierwiastki charakterystyczne $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_5$ traktować należy jako udział poszczególnych składowych w ogólnej zmienności macierzy kowariancji. O ilości informacji pierwotnej zachowanej w składowych głównych decyduje iloraz:

$$\frac{\lambda_1}{\text{tr } S} \cdot 100, \quad \frac{\lambda_2}{\text{tr } S} \cdot 100, \quad \dots, \quad \frac{\lambda_5}{\text{tr } S} \cdot 100$$

gdzie $\text{tr } S =$ ogólna wariancja macierzy kowariancji.

Uwzględniając uzyskane wartości pierwiastków charakterystycznych można obliczyć odsetek informacji pierwotnej, która zawarta została w kolejnych składowych głównych. Zmienność całego badanego zbioru pentad poszczególne składowe wyjaśniają w następujących odsetkach: 1 składowa — 72,92%, 2 składowa — 23,47%, 3 składowa — 3,16%, 4 składowa — 0,39% oraz 5 składowa — 0,07%.

Dwie pierwsze składowe główne zawierają łącznie 96,39% informacji zawartej w pierwotnej macierzy informacji. Pentady badanego zbioru można więc ze stosunkowo dużą wiernością odwzorować w układzie dwóch pierwszych składowych głównych, a zatem na płaszczyźnie. Występujące zniekształcenia wzajemnych odległości między pentadami, związane z ich rzutowaniem na płaszczyznę, pochłaniają jedynie nieco ponad 3% zmienności badanego zbioru pentad. Stwierdzenie to jest o tyle istotne, jako że na jego podstawie wnosimy, iż relacje odległości między punktami występujące w przestrzeni wielowymiarowej możemy

odczytać bezpośrednio z obrazu relacji tych odległości przedstawionego na płaszczyźnie.

Wracając do sytuacji przedstawionej na rysunku 2 należy stwierdzić, że każdy z trzech podzbiorów, otrzymanych w wyniku podziału zbioru pentad o gęstości otoczenia równej 39, jest rozłączny. Pentady każdego podzbioru skupiają się, jak widać z układu dwóch pierwszych składowych głównych, w różnych miejscach przestrzeni wielowymiarowej.

Analogicznie postępowano ze wszystkimi zbiorami (wyróżnionymi na poszczególnych poziomach gęstości otoczenia). Efekty tej klasyfikacji przedstawiono na rysunku 3. Te wszystkie podzbiory, które zaznaczyły się jako rozłączne na przynajmniej dwóch kolejnych poziomach gęstości uznano za jądra skupień. Wyznaczają one te miejsca w przestrzeni wielowymiarowej, które cechuje większa koncentracja pentad, aniżeli ma to miejsce w sąsiednich punktach przestrzeni. Wykryto 7 takich jąder (rys. 4).

Po wyłonieniu jąder skupień, przystąpiono do sklasyfikowania pozostałych pentad badanego zbioru. Do tego celu wykorzystano funkcje potencjałowe. Ogólną teorię tych funkcji można znaleźć między innymi w pracy M. A. Ajzermana, E. M. Brawermana i L. J. Rozonoera (1970). Dla potrzeb niniejszego opracowania przyjęto algorytm klasyfikacji obiektów zaproponowany przez M. Krzyśkę i P. Stolarskiego (1976). Przez sklasyfikowanie obiektu należy rozumieć jego przydzielenie do jednej z określonych populacji $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$. W naszym przypadku należało rozklasyfikować badany zbiór pentad, dokonując alokacji pentad do jednego z siedmiu wyłonionych jąder. W tym celu wykorzystano funkcję potencjałową o postaci:

$$P(\underline{x}, \underline{y}) = [1 + \alpha d^2(\underline{x}, \underline{y})]^{-1},$$

gdzie $d(\underline{x}, \underline{y})$ jest odległością euklidesową w przestrzeni między punktami \underline{x} i \underline{y} , natomiast α — stanowi odpowiednio dobraną stałą dodatnią.

Powyższa funkcja wyraża wpływ punktu \underline{y} na punkt \underline{x} . Funkcja ta jest wszędzie dodatnia i przyjmuje wartość maksymalną, gdy $\underline{x} = \underline{y}$ (punkty znajdują się w tym samym miejscu przestrzeni) oraz maleje do zera, gdy $d(\underline{x}, \underline{y}) \rightarrow \infty$. Z uwagi na fakt, że wyłonione jądra nie są jednoelementowe wprowadzono następującą funkcję:

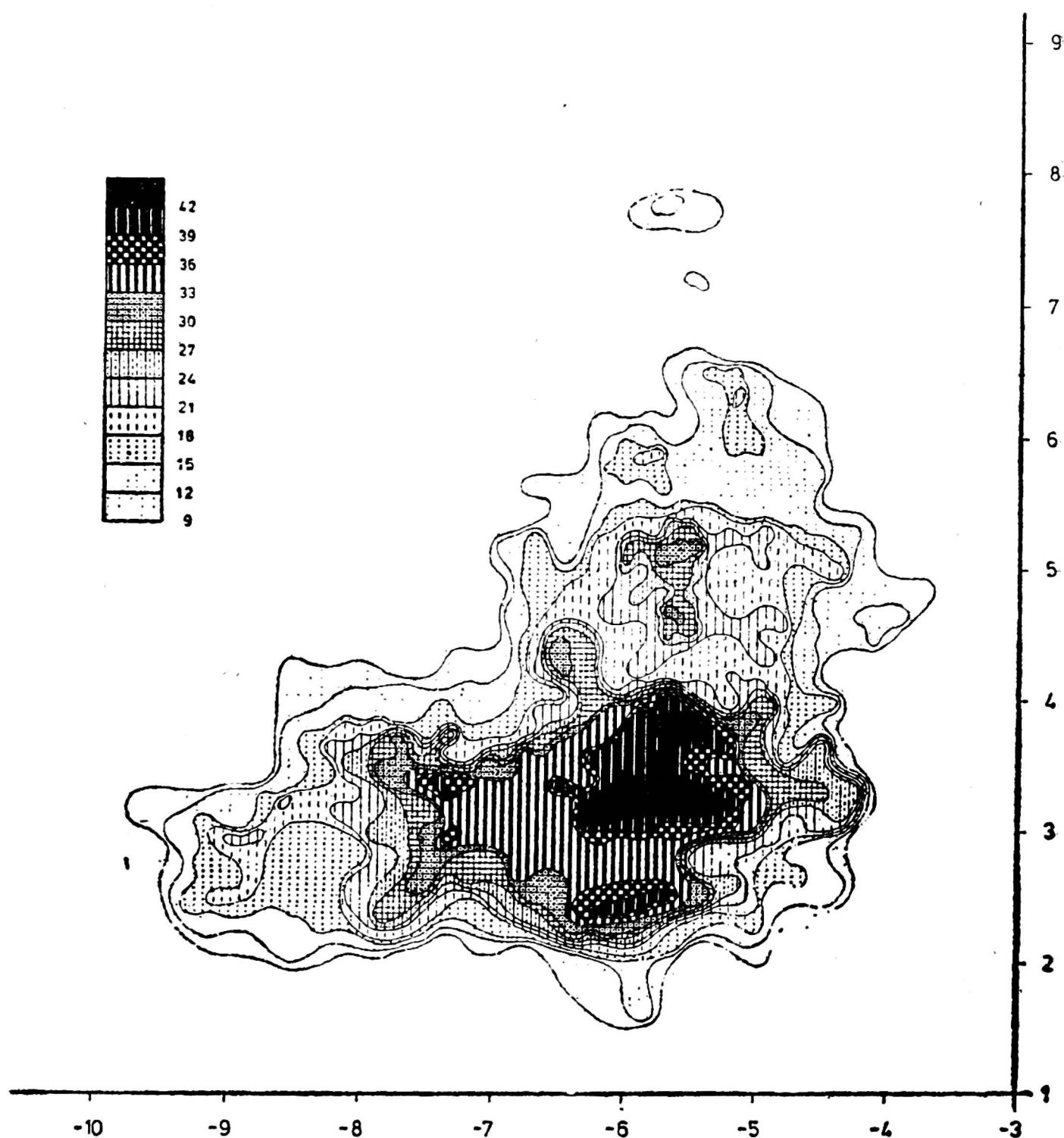
$$z_i(\underline{x}) = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} P(\underline{x}, \underline{y}_k),$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$(i = 1, 2, \dots, 7)$$

gdzie n oznacza liczbę pentad tworzących jądro π_i .

Funkcję $z_i(\underline{x})$ nazywać będziemy potencjałem i -tego jądra. Wartość i -tego potencjału w punkcie \underline{x}_0 interpretuje się jako miarę związku pentady \underline{x}_0 z jądrem π_i . Decyzję o zaklasyfikowaniu pentady \underline{x}_0 do jednego



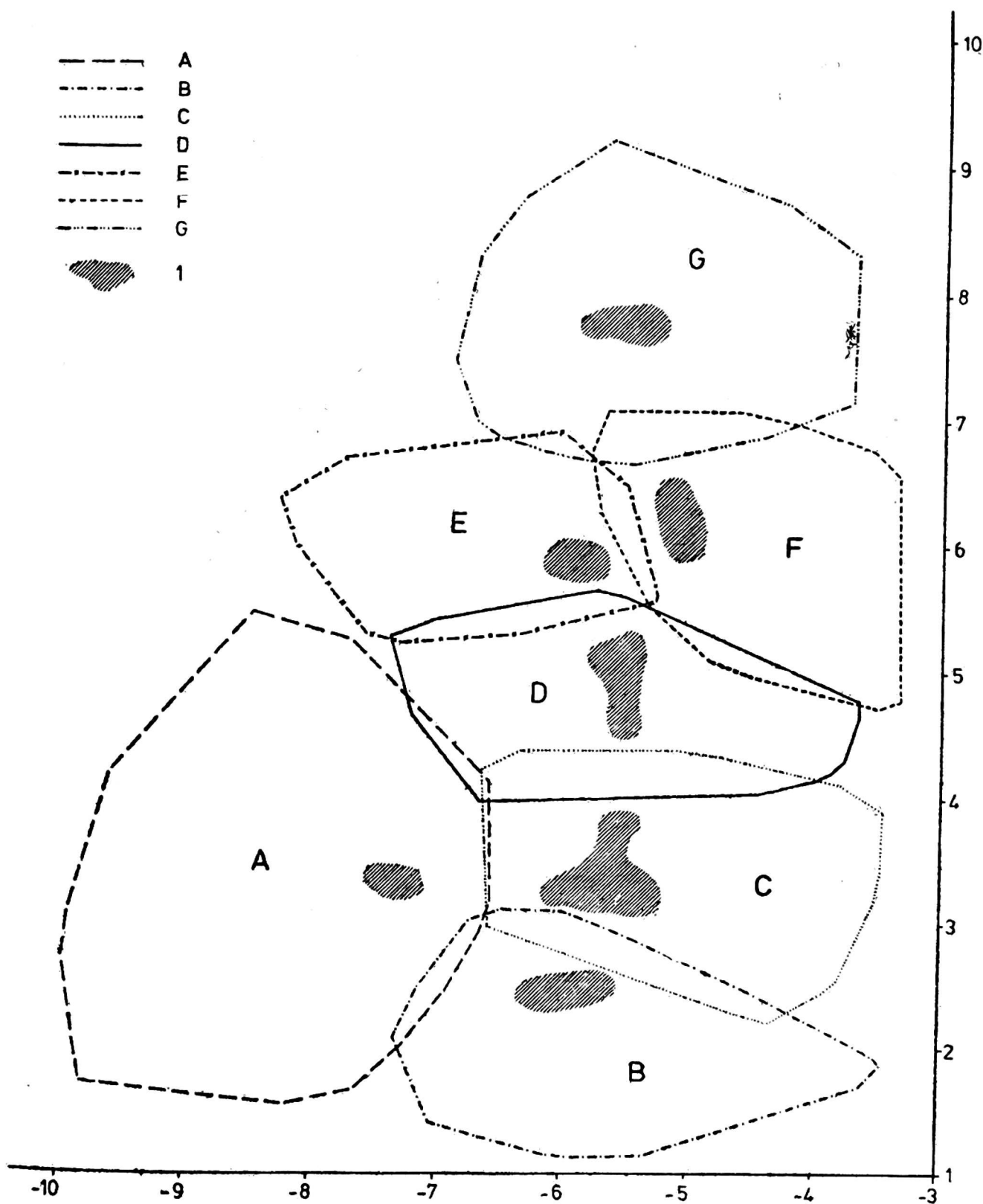
Rys. 3. Lokalizacja podzbiorów pentad o różnej gęstości otoczenia w układzie składowych głównych

z m jąder $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$ ($m=7$) podejmuje się na podstawie wartości potencjałów $z_1(x_0), z_2(x_0), \dots, z_m(x_0)$. Oznacza to, że jeśli:

$$z_i(x_0) > z_j(x_0) \quad \text{dla } i, j = 1, 2, \dots, m \quad j \neq i$$

to pentadę (x_0) przydzielamy do jądra π_i . Przyjmujemy zatem zasadę, że pentadę x_0 klasyfikujemy do tego jądra, którego potencjał jest maksymalny w stosunku do danej pentady.

Obliczając potencjał każdego jądra w stosunku do każdej badanej pentady podzielono, zgodnie z podaną wyżej zasadą, zbiór 4526 pentad na siedem podzbiorów. Wyniki tej klasyfikacji zweryfikowano następnie przy pomocy metody składowych głównych. Rezultat testowania



Rys. 4. Typy reżimu opadów atmosferycznych w układzie składowych głównych
 A - G — granice powierzchni skupiających pentady poszczególnych typów reżimu, 1 — po-
 łożenie jąder skupień

przedstawiono na rysunku 4. Pentady wyróżnionych podzbiorów zostały umieszczone na płaszczyźnie, zgodnie ze współrzędnymi dwóch pierwszych składowych głównych. Na rysunku 4 zaznaczono te powierzchnie, na których wyępują pentady poszczególnych podzbiorów jednorodnych. Każdy z siedmiu wieloboków otrzymano w taki sposób, że połączono skrajne pentady danego podzbioru, tak aby kąty wewnętrzne wieloboków były zawsze mniejsze od 90° . Widać, że otrzymane podzbiory re-

prezentowane są przez pentady zlokalizowane na zwartych powierzchniach i tylko minimalnie nakładających się na siebie. Wyniki testowania rezultatów zastosowanej metody klasyfikacyjnej pozwalają wnosić o przydatności proponowanej metody dla typologicznych klasyfikacji w ujęciu taksonomicznym.

TYPY REŻIMU OPADÓW ORAZ ICH CHARAKTERYSTYKA

Każdy z siedmiu wyróżnionych podzbiorów można traktować jako grupę pentad podobnych sumarycznie w zakresie przyjętych wskaźników pluwiometrycznych. Grupy te można uznać za klasy typologiczne, skupiające pentady, z których każda bardziej ciąży do swojego jądra skupienia niż do innego. Pentady poszczególnych klas typologicznych reprezentują zatem pewne typy reżimu opadów atmosferycznych.

Typy reżimu opadów, zaznaczające się na obszarze Polski północno-zachodniej oznaczono kolejnymi literami alfabetu: *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* i *G*. Przechodząc do krótkiej charakterystyki wyróżnionych typów reżimu opadów, należy zauważyć, że stanowią je podzbiory o różnej liczebności, a mianowicie:

typ <i>A</i> —	1198 pentad	26,4 ⁰ / ₀
typ <i>B</i> —	448 "	9,9 ⁰ / ₀
typ <i>C</i> —	1002 pentady	22,2 ⁰ / ₀
typ <i>D</i> —	801 pentad	17,7 ⁰ / ₀
typ <i>E</i> —	353 pentady	7,8 ⁰ / ₀
typ <i>F</i> —	433 "	9,6 ⁰ / ₀
typ <i>G</i> —	289 pentad	6,4 ⁰ / ₀
<hr/>		
razem —	4526 pentad	100,0 ⁰ / ₀

Każdy z typów reżimu opadów atmosferycznych stanowi swoisty kompleks zjawisk pluwiometrycznych charakteryzujący stosunki opadowe. Pentady należące do tego samego typu reżimu są podobne do siebie w zakresie stosunków opadowych ujętych kompleksowo. Nie rozwijając szerzej tego zagadnienia można stwierdzić, że identyfikacja pentad w poszczególnych typach pozwala na wszechstronną analizę struktury sezonowej reżimu opadów we wszystkich analizowanych stacjach meteorologicznych. To z kolei pozwala na rozpatrzenie przestrzennego zróżnicowania stosunków opadowych.

Statystyczny obraz relacji zachodzących między poszczególnymi typami reżimu opadowego zawiera tabela 1. Obserwuje się w niej fakt istnienia stosunkowo dużych różnic w wartościach kolejnych wskaźników pluwiometrycznych, obliczonych osobno dla każdego typu reżimu.

Dla średnich pentadowych sum opadów uzyskane wartości kształtują się na poziomie od 4,8 mm w typie reżimu *B* do 14,5 mm w pentadach należących do typu reżimu oznaczonego symbolem *G*. Jeśli założyć wy-

Tabela 1 – Table 1

Średnie wartości wskaźników pluwiometrycznych w wyróżnionych typach reżimu opadów atmosferycznych

Mean values of pluviometrical indices in the distinguished types of rainfall regime

Typy reżimu opadów Types of rainfall regime	Suma opadów w mm Sum of rainfall in mm	Częstość dni z opadem w % Frequency of days with rainfall in %	Obfitość opadów w mm na dzień z opadem Plenty rainfall in mm of day with rainfall	Liczba dni z opadem $\leq 1,0$ mm w % Number of days with rainfall ≤ 1.0 mm in %	Liczba dni z opadem $> 10,0$ mm w % Number of days with rainfall > 10.0 mm in %
A	6,5	51	2,6	22	2
B	4,8	38	2,4	16	1
C	6,2	38	3,3	13	2
D	8,6	41	4,3	12	4
E	11,2	46	4,9	14	6
F	10,9	38	5,7	9	6
G	14,5	46	6,4	11	9

stępowanie w ciągu roku tylko jednego typu reżimu opadów, wówczas otrzymamy następujące wartości rocznych sum opadów dla poszczególnych typów reżimu: typ A — 474 mm, typ B — 350 mm, typ C — 453 mm, typ D — 628 mm, typ E — 818 mm, typ F — 796 mm i typ G — 1058 mm. Wartości te wymownie wskazują na znaczne zróżnicowanie wielkości sum opadów w kolejnych typach reżimu opadów atmosferycznych.

Drugi z uwzględnionych wskaźników — częstość dni z opadem — jest cechą, którą wyróżnia stosunkowo małe zróżnicowanie w obrębie poszczególnych typów. Najmniejsza częstość dni z opadem wynosi 38% i występuje jako wartość średnia aż w trzech typach reżimu (B, C i F). Najczęściej dni z opadem obserwuje się w pentadach należących do typu A. Ich przeciętna frekwencja wynosi w tym typie około 51%.

W odniesieniu do następnego wskaźnika, jakim jest obfitość opadów można stwierdzić, że najmniejsza suma opadu (2,4 mm) na średni dzień z opadem przypada na pentady z opadami o reżimie typu B. Z kolei najobfitsze opady są charakterystyczne dla pentad z typem reżimu G (6,4 mm na średni dzień z opadem).

Wreszcie dwa ostatnie wskaźniki pluwiometryczne odnoszą się do liczby dni charakterystycznych. Częstość dni z opadem bardzo słabym ($\leq 1,0$ mm) zmienia się od 9% w pentadach należących do typu F, do 22% w przypadku pentad, których opady atmosferyczne są zgodne z reżimem opadowym oznaczonym symbolem A. Dni z opadem silnym i bardzo silnym (powyżej 10,0 mm) sporadycznie pojawiają się w pentadach z typem reżimu B (1%) oraz A i C (po 2%). Największa frekwencja dni z opadem powyżej 10,0 mm notowana jest w pentadach tworzących klasę typologiczną reżimu opadów oznaczoną symbolem G.

Uwzględniając wartości wskaźników pluwiometrycznych przedstawione w tabeli 1, można podjąć próbę słownej charakterystyki wyróżnionych typów reżimu opadowego. Ta ogólna charakterystyka jest rela-

tywna, prezentuje bowiem dany typ na tle wyróżnionych siedmiu typów reżimu.

Typ reżimu *A* skupia pentady o małych sumach opadów, największej częstości dni z opadem, małej obfitości opadów, największej liczbie dni z opadem bardzo słabym oraz małej liczbie dni z opadem silnym i bardzo silnym.

Pentady o reżimie opadowym oznaczonym symbolem *B* charakteryzuje najmniejsza suma opadów, najmniejsza częstość dni z opadem, najmniejsza obfitość, duża liczba dni z opadem bardzo słabym oraz najmniejsza liczba dni z opadem powyżej 10,0 mm. Typ reżimu *B* można uznać za typ ekstremalnych, w tym przypadku minimalnych, wartości poszczególnych wskaźników pluwiometrycznych.

Typ reżimu *C* grupuje pentady o małych sumach opadów, najmniejszej częstości dni z opadem, małej obfitości opadów, umiarkowanej liczbie dni z opadem bardzo słabym oraz małej liczbie dni z opadem silnym i bardzo silnym.

Dla pentad z opadami o typie reżimu *D* charakterystyczne są umiarkowane sumy opadów, mała częstość dni z opadem, umiarkowana obfitość opadów oraz umiarkowane liczby dni z opadem bardzo słabym, a także z silnym i bardzo silnym. Jest to zatem typ umiarkowanych wartości poszczególnych wskaźników pluwiometrycznych.

Typ reżimu *E* można określić jako typ o dużej sumie opadów oraz umiarkowanych wartościach pozostałych wskaźników pluwiometrycznych.

Typ reżimu *F* charakteryzuje duża suma opadów, najmniejsza częstość dni z opadem, duża obfitość opadów, najmniejsza liczba dni z opadem bardzo słabym oraz umiarkowana liczba dni z opadem powyżej 10,0 mm.

Wreszcie typ reżimu oznaczony symbolem *G* skupia pentady o największej sumie opadów, umiarkowanej częstości dni z opadem, największej obfitości opadów, małej liczbie dni z opadem bardzo słabym oraz największej liczbie dni z opadem silnym i bardzo silnym.

Przedstawiony wyżej obraz relacji zachodzących pomiędzy poszczególnymi typami reżimu opadów uzyskany został na podstawie wartości średnich z tabeli 1 i jest zaledwie przybliżeniem faktycznie występujących różnic. Pełny zakres wartości wskaźników pluwiometrycznych jaki pojawia się w poszczególnych typach reżimu przedstawiono na rysunku 5. Dla każdego wskaźnika pluwiometrycznego ustalono przedziały wartości, a następnie obliczono liczebności tych przedziałów, osobno dla każdego typu. W ten sposób otrzymano rozkłady częstości pojawiania się faktycznych wartości wskaźników. Swoiste różnice obserwuje się w lokalizacji histogramów na osi wartości przedziałów klasowych poszczególnych wskaźników. Z wyjątkiem częstości dni z opadem we wszystkich pozostałych wskaźnikach położenie histogramów zmienia się wyraźnie z typu na typ. Zmiana tego położenia jest tak znamienna, że

można ją zapisać niemal w postaci funkcji. Fakt ten dodatkowo potwierdza „odrębność” wyróżnionych typów reżimu opadów atmosferycznych.

WNIOSKI

Przeprowadzona wyżej analiza skłania do kilku wniosków.

1. Wydaje się, że zaproponowana metoda wielocechowej klasyfikacji typologicznej jest użytecznym narzędziem badawczym, szczególnie w odniesieniu do licznych populacji.

2. Algorytm przedstawionej metody jest pewną odmianą metod typowych dla analizy skupień. Dla wyodrębnienia jąder skupień (załączków klas typologicznych) zaproponowano pewną funkcję, którą nazwano funkcję „gęstości otoczenia”. Drugi etap procedury badawczej — alokację pozostałych obiektów analizowanego zbioru do wyłonionych jąder — osiągnięto stosując zaproponowaną przez M. Krzyśkę i P. Stolarskiego (1976) metodę klasyfikacyjną opartą na funkcjach potencjałowych.

3. Z przeprowadzonej dyskusji metodologicznej wynika, że przy stosowaniu taksonomicznych metod klasyfikacji do typologii licznych zbiorów niezbędną staje się weryfikacja uzyskanych wyników.

4. Na przykładzie dokonanej typologii reżimu opadów Polski północno-zachodniej wykazano, że taksonomiczne podejście pozwala na kompleksową charakterystykę również pojedynczego elementu meteorologicznego.

LITERATURA

- Ajzerman M. A., Brawerman E. M., Rozonoer L. I., 1970: Rozpoznawanie obrazów. Metoda funkcji potencjalnych. Warszawa.
- Chojnicki Z., 1970: Podstawy teoretyczne zastosowania metod matematycznych w badaniach przestrzennych rolnictwa. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju (PAN, Biuletyn 61), Warszawa.
- Chojnicki Z., Czyż T., 1973: Metody taksonomii numerycznej w regionalizacji geograficznej. Warszawa.
- Daultrey S., 1976: Principal components analysis. Concepts and Techniques in Modern Geography, No 8.
- Florek K., Łukaszewicz J., Perkal J., Steinhaus H., Zubrzycki S., 1951: Taksonomia wrocławska. Przegląd Antropologiczny, t. 1/7, Poznań.
- Jedut R., 1971: Regiony produkcji rolniczej województwa lubelskiego, (Sum.: The regions of agricultural production in the Lublin Province), Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. 26, z. 15, Lublin.
- Krzyśko M., Stolarski P., 1976: Klasyfikacja wielowymiarowych obserwacji oparta na funkcjach potencjałowych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. W druku. Poznań.

- Młynarczyk W., 1970: Metody taksonomiczne w przestrzennym badaniu rolnictwa. Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN, Biuletyn 61, Warszawa.
- Racine J. B., Raymond H., 1977: Analiza ilościowa w geografii. Warszawa.
- Wysocki Z., 1965: Zagadnienie taksonomii geograficznej, (Sum.: The problem of geographical taxonomy), Przegląd Geograficzny, t. 37, z. 2, Warszawa.

JAN TAMULEWICZ

TYOLOGY OF PRECIPITATION REGIME OF NORTH-WESTERN POLAND IN THE TAXONOMICAL APPROACH

Summary

Basing on pluviometrical materials for the period of 1951-1970 an attempt has been made to carry out typology of precipitation in the taxonomical approach. The investigations covered the area of North-Western Poland (62 meteorological stations). 73 pentads were distinguished for each meteorological station in a year. Thus, a set of 4526 pentads has been obtained. The precipitation regime of each pentad has been determined by mean values of five pluviometrical indices, namely sum of precipitation, frequency of precipitation days, amount of precipitation, number of days with very low precipitation (1.0 mm) and number of days with high precipitation (10.0 mm).

The main investigative problem is, starting with a set of 4526 pentads, to distinguish subsets of maximally homogeneous (similar) pentads with regard to the accepted pluviometrical indices. The distinguished subsets would form some typological classes of precipitation regime. In this approach a type of precipitation regime fulfills the requirement of a simultaneous (complex) analysis of several pluviometrical indices. In order to realize the goal a method based on density function and potential function has been suggested.

The algorithm of the method takes place in two stages. In the first stage the problem was to distinguish a group core from the set. The group core are pentads around which a relatively high number of pentads meet (Fig. 1). Seven such cores have been found (Fig. 3). The second stage of the procedure consisted in the classification of the remaining pentads to the distinguished cores. Here, a potential method proposed by M. Kryśko and P. Stolarski (1976) has been applied.

The obtained results were tested by the main components method of Hotelling. Finally, seven typological classes of precipitation regime have been distinguished and marked with succeeding letters of the alphabet from A to G.

Pentads belonging to the same regime are similar as to precipitation conditions considered from a complex point of view. A statistical picture of relations between particular types of regime is shown in Tab. 1 and Fig. 4.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. A number of pentads in the "surrounding" of particular pentads of the investigated set.
- Fig. 2. A scheme of the classification of pentads with the density of surrounding

of 39 and localization of homogeneous subsets in a pattern of main components.

Fig. 3. Localization of subsets of pentads with various density of surrounding in a pattern of main components.

Fig. 4. Types of precipitation regime in a pattern of main components.

A - G — boundaries of areas grouping pentads of particular regime types,
1 — position of group cores.

Fig. 5. The frequency of values of particular pluviometrical indices in succeeding types of regime.

1 — sum of precipitation in mm, 2 — frequency of precipitation days in %,
3 — amount of precipitation in mm for the mean, precipitation day, 4 — days with very low precipitation in %, 5 — days with high or very high precipitation in %.