

Sylwester Grajewski

ZASTOSOWANIE ANALIZY SKUPIEŃ W PORÓWNAWCZYCH BADANIACH ZDOLNOŚCI RETENCYJNYCH EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

Streszczenie

W procesie podejmowania decyzji dotyczących wielu obiektów badacze często stają przed problemem doboru odpowiedniego sposobu łączenia ich w grupy obiektów podobnych. Niniejsza praca stanowi propozycję wykorzystania metod aglomeracji do poszukiwania związków pomiędzy poszczególnymi ekosystemami leśnymi pod względem możliwości retencjonowania przez nie wody. Przyjęto w niej założenie, iż większość parametrów opisujących zdolności retencyjne konkretnego ekosystemu pochodzić powinna z planów urządzania lasu.

Wybrane charakterystyki, przyjęte jako opisujące zdolności retencyjne ekosystemów leśnych tj.: średni spadek terenu [%]; odległość od sieci cieków [m]; odległość od wód stojących, terenów podmokłych (jezior, stawów, bagien) [m]; wariant uwilgotnienia siedliska [-]; wskaźnik zwarcia drzewostanu [-]; rodzaj pokrywy gleby [-]; wskaźnik pokrycia powierzchni badawczej podszytem [-]; wskaźnik powierzchni drzew [$\text{ha} \cdot \text{ha}^{-1}$] oraz potencjalna retencja użyteczna profilu glebowego [mm] poddane zostały testowaniu siedmioma metodami grupowań hierarchicznych tj.: prostych połączeń *single linkage method*, średnich połączeń *group average method – UPGMA (Unweighted pair-group method using arithmetic averages)*, średnich połączeń ważonych *weighted average method – WPGMA (weighted pair-group method using arithmetic averages)*, najdalszego sąsiedztwa *furthest neighbor method*, środków ciężkości *unweighted centroid method – UPGMC (unweighted pair-group method using centroids)*, ważonych środków ciężkości *weighted centroid method – WPGMC (weighted pair-group method using centroids)* oraz metodą Warda *Ward method*.

Wykorzystane metody skupiania grupują obiekty poddane analizie, wykazując w mniejszym lub większym stopniu istnienie znacznej

zależności pomiędzy wybranymi do charakteryzowania zdolności retencyjnych cechami a samym przebiegiem procesu skupiania. Głównym czynnikiem wpływającym na formowanie się dendrytów okazał się wiek drzewostanów oraz, w przypadku olsów, siedlisko leśne.

Najkorzystniejszą do poszukiwania związków pomiędzy obiektami, odnośnie zdefiniowanych w pracy zdolności retencyjnych, wydaje się być metoda pełnego wiązania i metoda Warda. Metody prostych połączeń, środków ciężkości oraz ważonych środków ciężkości, ze względu na tendencję do tworzenia mało przejrzystych skupień o strukturze długich „łańcuchów”, nie wydają się być przydatnymi do przeprowadzania tego typu analiz.

Słowa kluczowe: zdolności retencyjne, grupowanie hierarchiczne, Puszcza Zielonka

WSTĘP

W procesie podejmowania decyzji dotyczących wielu obiektów badacze często stają przed problemem doboru odpowiedniego sposobu łączenia ich w grupy obiektów podobnych. Niniejsza praca stanowi propozycję wykorzystania metod aglomeracji do poszukiwania związków pomiędzy poszczególnymi ekosystemami leśnymi pod względem możliwości retencjonowania przez nie wody. Jednym z podstawowych założeń metodycznych było takie zaplanowanie przebiegu badań, aby możliwym było w jak najszerszym zakresie wykorzystanie w analizach danych dotyczących siedlisk i drzewostanów zawartych w planach urządzania lasu. Niewątpliwym atutem stosowania metod aglomeracji jest możliwość poszukiwania podobieństw pomiędzy licznymi nawet obiektami do opisu których wykorzystać można wiele charakterystyk. Zaletę tą najwcześniej dostrzegli naukowcy pracujący w dziedzinach archeologii, antropologii i psychologii. Współcześnie po metody skupiania chętnie sięgają również przyrodniczy [Filipiak, Wilkos 1998; Gruszczyk 1992; Jędrzejczak 1998].

CEL I ZAKRES BADAŃ

Zasadniczym celem przeprowadzonych badań było wskazanie podobieństw pomiędzy wybranymi ekosystemami leśnymi pod względem ich zdolności retencyjnych. Jako narzędzie wykorzystano metody grupowań hierarchicznych.

W przeprowadzonych analizach statystycznych wykorzystano: dane z pomiarów terenowych stanów wód gruntowych wykonanych

w roku hydrologicznym 2001/2002 na 132 powierzchniach badawczych rozmieszczonych na terenie Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka [Grajewski 2004] oraz zaktualizowane charakterystyki siedlisk i drzewostanów podawane przez właściwe plany urządzania lasu dla tychże powierzchni badawczych [Plan urządzania lasu... 1994; 1998; 2001].

METODY BADAŃ

Na zdolności retencjonowania wody duży modyfikujący wpływ, poza klimatem, wywierają takie elementy fizjograficzne jak: rzeźba terenu, gleby i budowa geologiczna, sieć cieków, wody stojące oraz szata roślinna (skład gatunkowy, struktura wiekowa itd.). Jednak niemożliwym wydaje się jednoznaczne wskazanie, które z charakterystyk są ważniejsze, a które mniej ważne. Zależy to od analizowanego środowiska (zmienności poszczególnych parametrów w analizowanym regionie, ich wzajemnego skorelowania), jak również od analizowanej charakterystyki hydrologicznej, której związek przyczynowo-skutkowy z parametrami fizjograficznymi staramy się ustalić [Dobija, Dynowska 1975]. Stwierdzono, że w Wielkopolsce szczególne znaczenie w kształtowaniu zdolności retencjonowania wody odgrywa zalesienie terenu [Miler 1998]. Wobec braku możliwości określenia, w jakim stopniu poszczególne parametry siedliskowe i drzewostanowe kształtują wielkość zdolności retencyjnej przyjęto w pracy zasadę ich równego traktowania.

W analizie skupień obiektów, będących próbą badawczą, dendrogram traktować można jako estymator struktury hierarchicznej całej populacji tylko wówczas, gdy obiekty poddawane analizie opisywane są przez cechy o charakterze esencjalnym [Marek 1989]. Zatem do analizy wybrano tylko te charakterystyki, które zdaniem autora, ten warunek spełniają, tj.: średni spadek terenu [%]; odległość od sieci cieków [m]; odległość od wód stojących, terenów podmokłych (jezior, stawów, bagien) [m]; wariant uwilgotnienia siedliska [-]; wskaźnik zwarcia drzewostanu [-]; rodzaj pokrywy gleby [-]; wskaźnik pokrycia powierzchni badawczej podszytem [-]; wskaźnik powierzchni drzew [$\text{ha} \cdot \text{ha}^{-1}$]; potencjalną retencję użyteczną profilu glebowego (PRU) [mm]; średni poziom zalegania zwierciadła wody gruntowej w roku hydrologicznym 2001/2002 [cm p.p.t.].

Wartości liczbowe ustalone dla wymienionych charakterystyk były wynikiem przeprowadzenia obliczeń lub przydzielenia stosownych kodów poszczególnym parametrom jakościowym – na bazie dostępnych materiałów kartograficznych, opisów taksacyjnych, danych

literaturowych i pomiarów terenowych – w taki sposób, aby wartości je opisujące wzrastały wraz z rosnącymi zdolnościami retencyjnymi. Wobec braku możliwości określenia, które z analizowanych cech fizjograficznych mają genetycznie większy wpływ na zdolności retencyjne siedlisk leśnych, przy jednoczesnym znacznym zróżnicowaniu wartości je opisujących postanowiono sprowadzić wszystkie wartości cech do jednego rzędu wielkości.

Następnie zebrane charakterystyki, opisujące poszczególne powierzchnie badawcze pod kątem ich możliwości retencyjnych, poddano analizie statystycznej przy pomocy metod grupowań hierarchicznych, których zadaniem było wyodrębnienie podobnych grup obiektów. Szczegółowo metody badań przedstawione zostały w pracy Grajewskiego [2004].

WYNIKI BADAŃ

Dane dla powierzchni badawczych, przygotowane zgodnie z zaprezentowaną metodyką, poddano analizie statystycznej – grupowaniu hierarchicznemu. W tym celu posłużono się modułem analizy skupień programu *Statistica*[®] przy pomocy którego przetestowano siedem różnych dostępnych w tym programie metod skupiania.

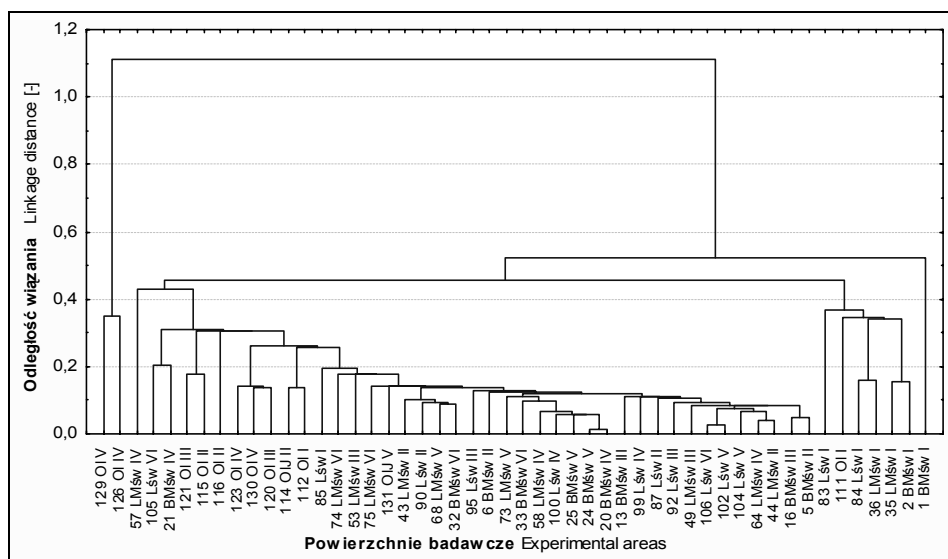
Przed przystąpieniem do analiz, chcąc ograniczyć liczbę charakterystyk, których wpływ na kształt dendrytu jest niewiele znaczący, przeprowadzono badanie korelacji wszystkich badanych cech. W tym celu obliczono wartości współczynników korelacji wielokrotnej (R), które są miarą siły związku zmiennej, do której się odnoszą, z pozostałymi zmiennymi [Pietraszewski i in. 1989]. Przyjęto założenie, że w przypadku, kiedy dwie cechy będą ze sobą skorelowane w stopniu wysokim to usunięta zostanie ta cecha, której współczynnik korelacji wielokrotnej będzie wyższy (im niższa wartość R tym większy wpływ danej cechy na układ dendrogramu, poprzez mniejszy jej związek z pozostałymi cechami).

Zgodnie z poczynionymi założeniami z dalszych analiz wyłączono *średnią głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej* z racji silnego skorelowania tej cechy z *wielkością potencjalnej retencji użytecznej*. Przyczyn wykazanej zależności doszukiwać się można w stosunkowo słabo zróżnicowanych warunkach glebowo-gruntowych terenu Parku w związku z czym, *wielkość potencjalnej retencji użytecznej* w głównej mierze uwarunkowana została miąższością strefy aeracji.

Ostatecznie analizom poddano 9 parametrów, tj. średni spadek terenu; odległość od sieci cieków; odległość od wód stojących, terenów podmokłych (jezior, stawów, bagien); wariant uwilgotnienia siedliska;

wskaźnik zwarcia drzewostanu; rodzaj pokrywy gleby; wskaźnik pokrycia powierzchni badawczej innymi piętrami niż główne; wskaźnik powierzchni drzew oraz potencjalną retencję użyteczną. Ze względu na możliwości obliczeniowe dalszym analizom poddano 50 obiektów reprezentatywnych dla Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka.

Aglomeracja przy pomocy metody **prostych połączeń** (pojedynczego wiązania) w swojej naturze ma to, że obiekty formują skupienia, łącząc się „w sznur”, a wynikowe skupienia tworzą długie „łańcuchy”. Cecha ta ujawniła się również na sporządzonym dla metody pojedynczego wiązania dendrogramie, co skłania do twierdzenia, że skupianie tą metodą nie pozwala na wyraźne wyodrębnienie grup obiektów (rys. 1). Są one, w zależności od odległości wiązania, nieliczne i/lub tworzy je niewielka liczba elementów. Wynikiem zastosowania tej metody jest ukształtowanie się, na około 42% maksymalnej odległości wiązania, czterech grup obiektów, z których jedno skupia wyłącznie drzewostany najmłodszych klas wieku rosnące na różnych siedliskach.

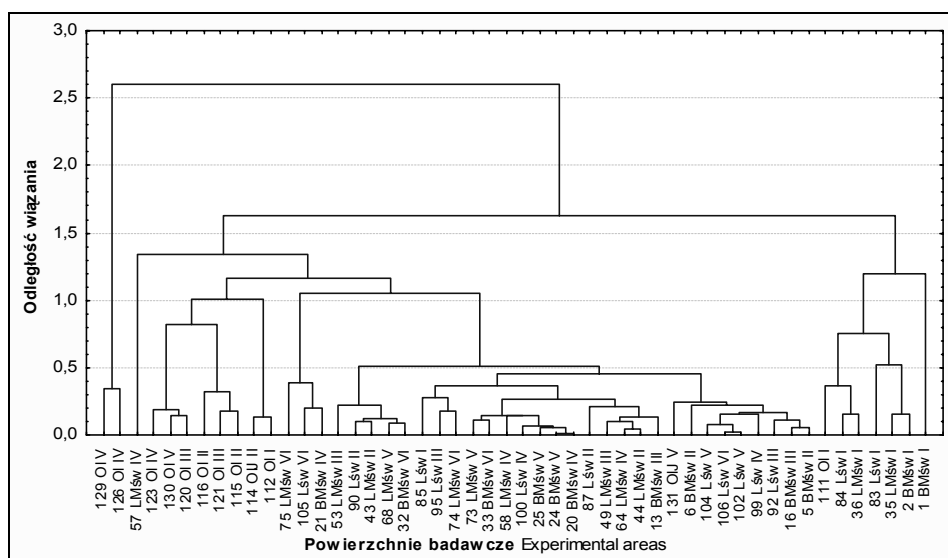


Rysunek 1. Aglomeracja metodą prostych połączeń.

Opis powierzchni badawczej składa się z jej numeru, typu siedliskowego lasu oraz klasy wieku drzewostanu

Figure 1. Agglomeration using the single linkage method. The description of the experimental plot consists of its number, type of forest site (BMśw – fresh mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed forest, Lśw – fresh broadleaved forest, Ol – alder swamp forest, OlJ – ash-alder swamp forest and tree stand age lass) and age class of the tree stand

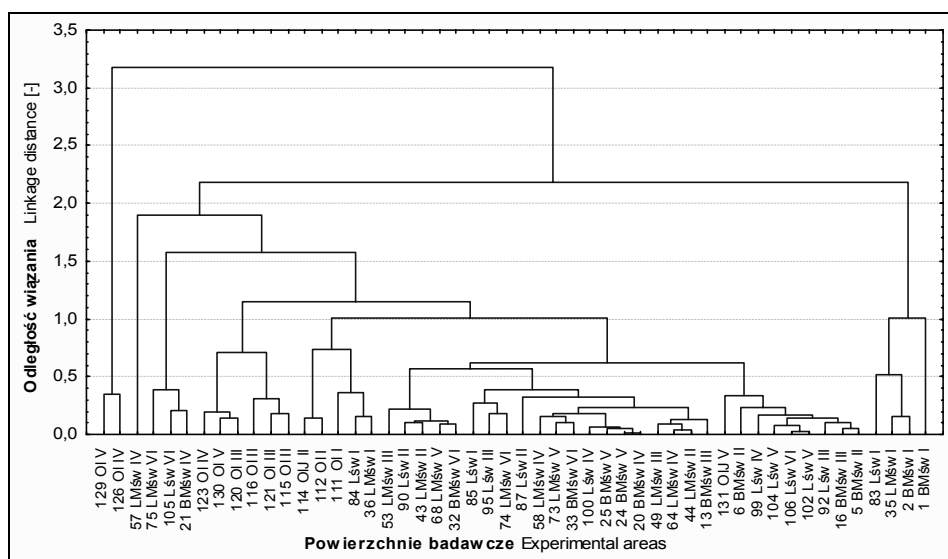
Grupowanie metodą **średnich połączeń** uznawane jest za efektywne zarówno w sytuacji, kiedy obiekty formują naturalnie oddzielone „kępki”, jak i w przypadku skupień wydłużonych, mających charakter „łańcucha”. Wykorzystanie tej metody aglomeracji spowodowało, że pomimo nieco odmiennego przebiegu procesu skupiania jak w metodzie prostych połączeń, efekt końcowy jest podobny (rys. 2). W połowie odległości wiązania możemy wyróżnić trzy grupy obiektów. Jedną grupę dwuelementową (obiekt nr 126 i 129), drugą skupiającą drzewostany pierwszej klasy wieku oraz trzecią, w której znalazły się wszystkie pozostałe powierzchnie badawcze. Wydaje się, że metoda średnich połączeń dużo lepiej sprawdziła się w skupianiu powierzchni badawczych niż metoda pojedynczego wiązania, chociaż niektóre grupy obiektów w dalszym ciągu wyraźnie różnią się liczebnością od innych.



Rysunek 2. Aglomeracja metodą średnich połączeń (oznaczenia jak na rys. 1)
Figure 2. Agglomeration using the group average method
 (denotations as in fig. 1)

Agglomeracja przy pomocy metody **średnich połączeń ważonych** jest identyczna jak metoda średnich połączeń z tym, że w obliczeniach uwzględniana jest wielkość odpowiednich skupień. Stąd powinna być ona stosowana wówczas, gdy podejrzewamy, iż liczebności

skupień są wyraźnie nierówne. Dendrogram dla tej metody, zbliżony wyglądem do poprzedniego, przedstawia rysunek 3. W połowie odległości wiązania wyróżnić można, co prawda cztery skupienia, ale jedno z nich jest tylko jednoelementowe.

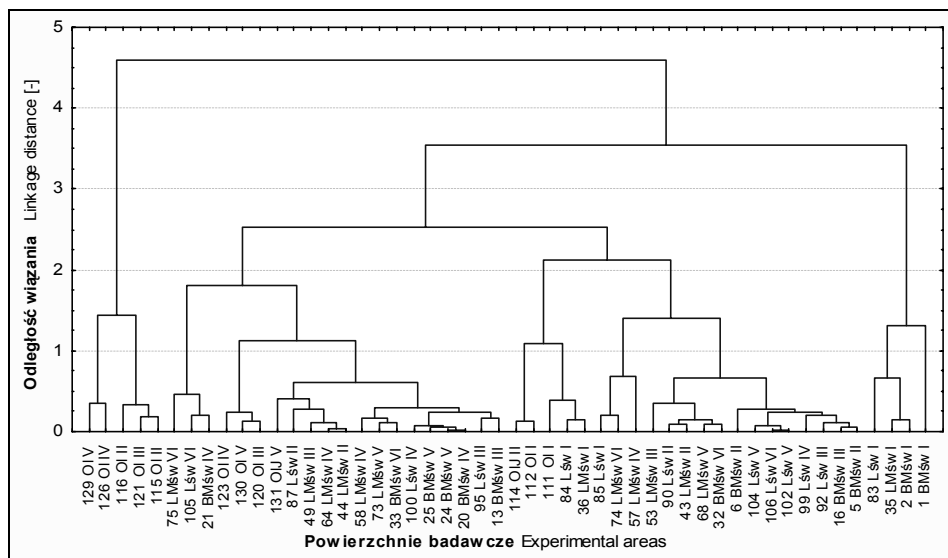


Rysunek 3. Aglomeracja metodą średnich połączeń ważonych (oznaczenia jak na rys. 1)

Figure 3. Agglomeration using the weighted average method (denotations as in fig. 1)

W metodzie **najdalszego sąsiedztwa** (pełnego wiązania) odległość pomiędzy skupieniami zdeterminowana jest największą z odległości pomiędzy dwoma dowolnymi obiektami należącymi do różnych skupień. Tak więc dołączanie nowego obiektu do już istniejącego skupienia następuje tylko w przypadku, gdy jego odległość do najdalszego reprezentanta tego skupienia jest mniejsza niż jego odległość do jakiegokolwiek innego obiektu poza tym skupieniem. W efekcie, w odróżnieniu od metody najbliższego sąsiedztwa, nie następuje tu stopniowe dołączanie pojedynczych obiektów do tworzącego się skupienia, ale raczej następuje równoczesne powstawanie kilku skupień, które dopiero w dalszych etapach są łączone. Wyraźnie prawidłowość ta uwidacznia się na sporządzonym dla metody pełnego wiązania dendrogramie (rys. 4). W połowie odległości wiązania utworzyły się cztery

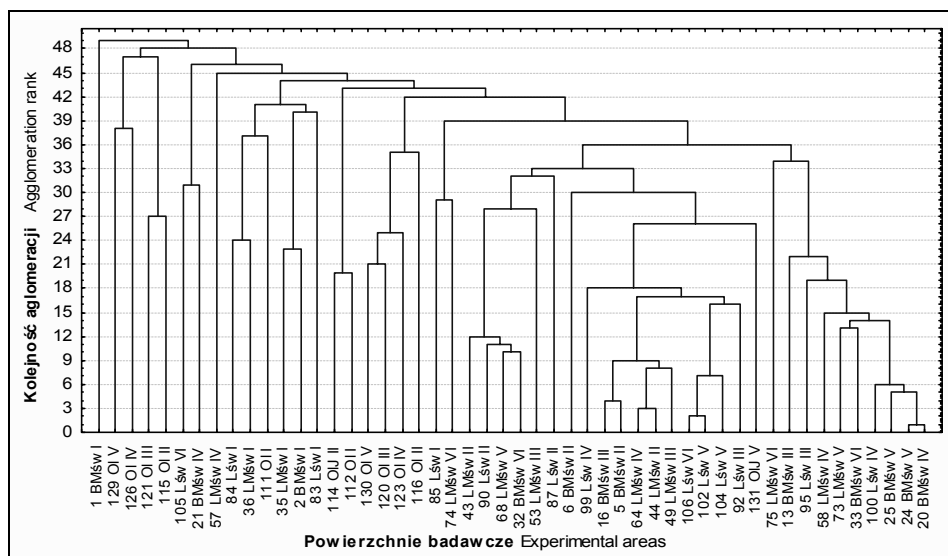
wyraźne grupy obiektów. Jedna z nich skupia drzewostany średnich klas wieku z siedlisk olsowych, druga drzewostany pierwszych klas wieku, natomiast w dwóch pozostałych grupach ułożone zostały drzewostany z różnych klas wieku i siedlisk.



Rysunek 4. Aglomeracja metodą najdalszego sąsiedztwa (oznaczenia jak na rys. 1)

Figure 4. Agglomeration using the furthest neighbor method (denotations as in fig. 1)

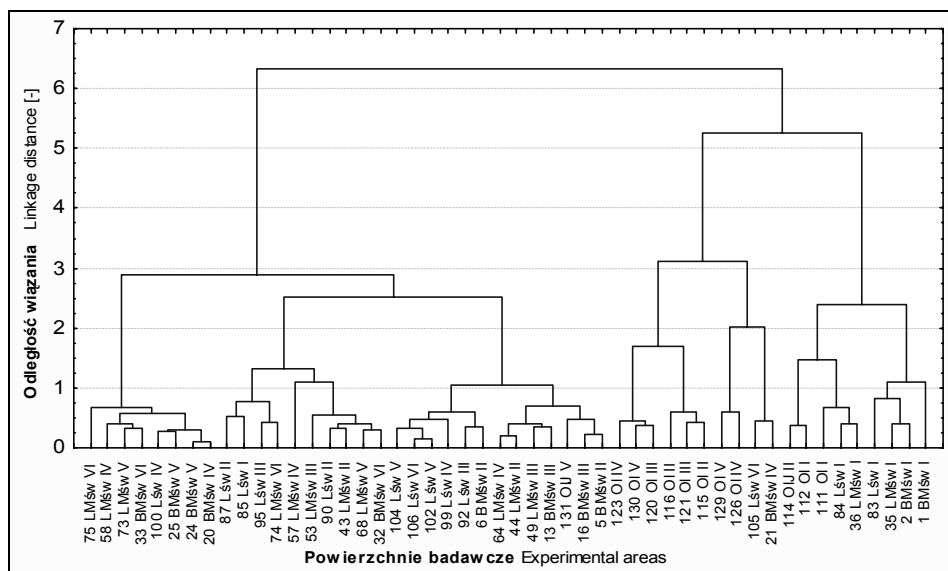
W metodzie **środków ciężkości** odległość pomiędzy dwoma skupieniami jest określona jako różnica pomiędzy środkami ciężkości, a środek ciężkości skupienia jest średnim punktem w przestrzeni wielowymiarowej zdefiniowanej przez te wymiary. Natomiast metoda **ważonych środków ciężkości** jest identyczna z poprzednią, z tą różnicą, że w obliczeniach uwzględnia się dysproporcje pomiędzy liczbą zawartych w skupieniach obiektów. W omawianych dwóch metodach, odmiennie niż w dotychczas prezentowanych, rezultat skupiania w dużym stopniu zgodny jest z wiekiem drzewostanów (szczególnie w metodzie środków ciężkości), przy czym dendryty przybierają w znacznym stopniu kształt „łańcucha” (rys. 5).



Rysunek 5. Aglomeracja metodą środków ciężkości
(oznaczenia jak na rys. 1)

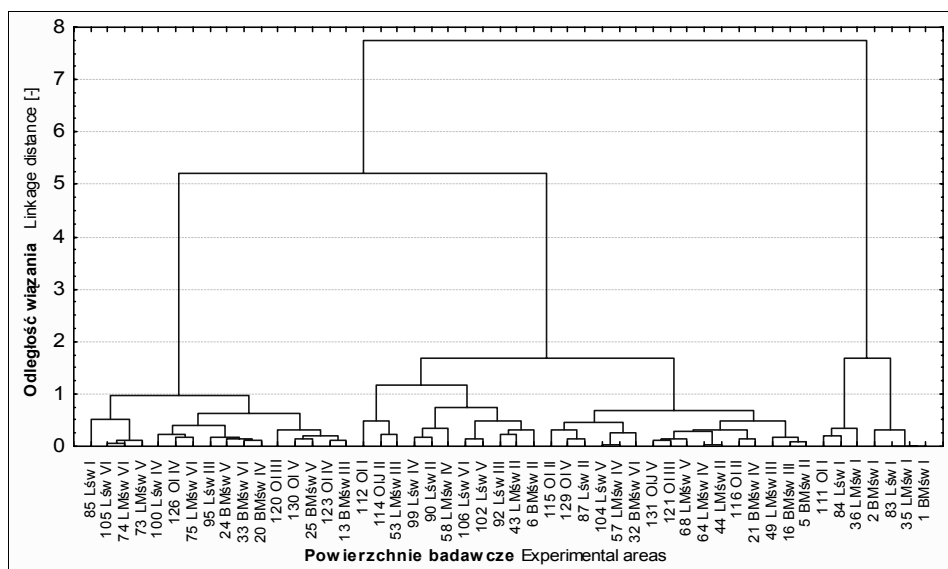
Figure 5. Agglomeration using the unweighted centroid method
(denotations as in fig. 1)

Metoda **Warda** różni się od wszystkich wcześniej omówionych metod, ponieważ do oszacowania odległości pomiędzy skupieniami wykorzystuje podejście analizy wariancji – metoda ta zmierza do minimalizacji sumy kwadratów dowolnych dwóch skupień, które mogą być uformowane na każdym etapie aglomeracji. W połowie odległości wiązania na dendrogramie uwidaczniają się trzy grupy obiektów (rys. 6). Dwie spośród nich skupiają drzewostany pierwszych klas wieku oraz drzewostany na siedliskach olsów. Na niższym poziomie skupiania (około 40% maksymalnej odległości wiązania) obiekty poddane analizie podzielone zostały na 5 grup, których wyodrębnienie w dużym stopniu wydaje się zależeć od wieku drzewostanów oraz, w przypadku olsów, od siedliska.



Rysunek 6. Aglomeracja metodą Warda
(oznaczenia jak na rys. 1)
Figure 6. Agglomeration using the Ward method
(denotations as in fig. 1)

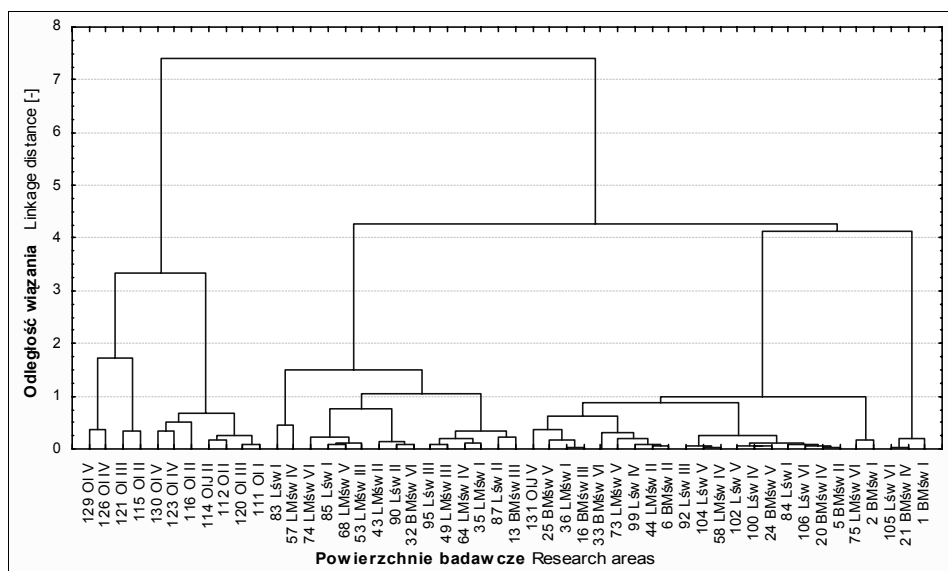
Na rysunku 7 przedstawiony został dendrogram grupowania metodą Warda czterech charakterystyk bezpośrednio wpływających na kształtowanie się wielkości intercepcji ekosystemu leśnego, czyli wskaźnika powierzchni drzew, wskaźnika zwarcia drzewostanu, wskaźnika pokrycia powierzchni badawczej innymi piętrami niż główne oraz pokrywy gleby. Przy odległości skupiania równej 2,0 widać na nim wyraźnie wyodrębnione trzy skupienia obiektów, które w dużym stopniu uformowały się w zależności od wieku drzewostanu występującego na danej powierzchni badawczej. Pomijając dokładność szacowania parametrów użytych do analizy w tym przypadku prawdopodobnie znaczny modyfikujący wpływ na formowanie się skupień wywierać musi prowadzona przez człowieka działalność gospodarcza w drzewostanach, która może wpływać, w krótszym lub w dłuższym okresie, modyfikująco na naturalne związane z procesami rozwojowymi ekosystemu fluktuacje możliwości intercepcyjnych lasu.



Rysunek 7. Aglomeracja metodą Warda z uwzględnieniem wskaźnika powierzchni drzew, wskaźnika zwarcia drzewostanu, wskaźnika pokrycia powierzchni badawczej innymi piętrami niż główne oraz rodzaju pokrywy gleby (oznaczenia jak na rys. 1)

Figure 7. Agglomeration using the Ward method, including the canopy index, stand density index, the index of experimental plot cover with forest storeys other than the main storey, and the soil cover type (denotations as in fig. 1)

Efekty analizy skupień metodą Warda, do której włączono wartości charakteryzujące potencjalną retencję użyteczną, spadek terenu, odległość od sieci cieków, odległość od wód otwartych i terenów bagiennych oraz wariant uwilgotnienia siedliska, zaprezentowano na rysunku 8. W połowie odległości skupiania uformowały się cztery grupy obiektów. Pierwszą stanowią wyłącznie powierzchnie usytuowane na siedliskach olsów, grupę drugą tworzą głównie powierzchnie badawcze z siedlisk lasu mieszanego świeżego (udział obiektów reprezentujących bór mieszany świeży stanowi 13%), w skupieniu czwartym zgrupowane zostały tylko trzy obiekty. Najliczniejszą grupę trzecią utworzyły obiekty ze wszystkich typów siedliskowych lasu, przy czym dominuje tutaj bór mieszany świeży oraz las świeży.



Rysunek 8. Aglomeracja metodą Warda z uwzględnieniem potencjalnej retencji użytecznej, spadku, odległości od sieci cieków, odległości od wód otwartych i terenów bagiennych oraz wariantu uwilgotnienia siedliska (oznaczenia jak na rys. 1)

Figure 8. Agglomeration using the Ward method, including potential available water retentiveness, fall of land, distance from watercourse network, distance from open waters and swamps, and the site moisture content variant (denotations as in fig. 1)

PODSUMOWANIE

Poszukiwania podobieństw pomiędzy ekosystemami leśnymi w zakresie ich zdolności retencyjnych przy pomocy metod grupowań hierarchicznych wykazały, iż tworzące się skupienia obiektów w dużej mierze zależne są od wieku drzewostanów. Najsilniejszemu grupowaniu podlegają powierzchnie zaliczone do I klasy wieku. Równie silnym czynnikiem skupiającym jest siedlisko olsu typowego i jesionowego. W warunkach hydrometeorologicznych terenu Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka wydaje się, że tak przyjęta metodyka poszukiwania podobieństw w zakresie zdolności retencyjnych jest właściwa. Natomiast dla obszarów o większych opadach atmosferycznych wydaje się, że należałoby charakterystykom związanym bezpośrednio z kształto-

waniem retencji glebowej i gruntowej nadać przed uruchomieniem procesu aglomeracji większą wagę.

Podsumowując przeprowadzone różnymi metodami aglomeracyjnymi analizy statystyczne podobieństwa w zakresie zdolności retencyjnych siedlisk leśnych Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka, stwierdzić można, że:

– Większość z zastosowanych metod aglomeracji, w około połowie odległości wiązania, dzieli powierzchnie badawcze poddane analizie na 3–4 grupy obiektów podobnych do siebie pod względem zdolności retencyjnych;

– Wykorzystane metody skupiania grupują obiekty poddane analizie, wykazując w mniejszym lub większym stopniu istnienie znacznej zależności pomiędzy cechami wybranymi do charakteryzowania zdolności retencyjnych a wiekiem drzewostanów oraz, w przypadku olsu, typem siedliskowym lasu;

– Najkorzystniejszą do poszukiwania związków pomiędzy obiektami, odnośnie tak zdefiniowanych zdolności retencyjnych, wydaje się być metoda pełnego wiązania i metoda Warda;

– Metody: prostych połączeń, środków ciężkości oraz ważonych środków ciężkości, ze względu na tendencję do tworzenia mało przejrzystych skupień o strukturze długich „łańcuchów”, nie wydają się przydatne do przeprowadzania tego typu analiz.

BIBLIOGRAFIA

- Dobija A., Dynowska I. *Znaczenie parametrów fizjograficznych zlewni dla ustalenia wielkości odpływu rzecznego*. Fol. Geogr., Ser. Geographica-Physica, 9, 1975, s. 77–129.
- Filipiak K., Wilkos S. *Wybrane metody analizy wielozmiennej i ich zastosowanie w badaniach przestrzennych*. IUNG Puławy, R (349), 1998, s. 1–59.
- Grajewski S. *Ocena zdolności retencyjnych siedlisk leśnych Parku Krajobrazowego Puszcza Zielonka*. Maszynopis. Bibl. AR w Poznaniu 2004.
- Gruszczyk A. *Analiza skupień w diagnozowaniu siedlisk leśnych*. Sylwan nr 5, 1992, s. 69–81.
- Jędrzejczak E. *Zastosowanie metody analizy skupień w porównawczych badaniach wpływu czynników na różne cechy roślin*. Post. Nauk Rol. 45/4, 1998 s. 67–75.
- Marek T. *Analiza skupień w badaniach empirycznych*. Metody SAHN. PWN, Warszawa 1989.
- Miler A. *Modelowanie obszarowych zmienności różnych miar retencji*. Wyd. AR Poznań 1998.
- Pietraszewski A., Wagner W., Wysocki F. *Podstawy agroekonometrii*. Wyd. AR w Poznaniu. Poznań 1989.

Plan urządzania lasu Nadleśnictwa Państwowego Czerwonak na okres 01.01.1998 r. –31.12.2008 r. (1998); dla Nadleśnictwa Państwowego Łopuchówko na okres 01.01.2001 r.–31.12.2011 r. (2001); Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka na okres 01.01.1994 r.–31.12.2003 r. (1994). AR w Poznaniu. Maszynopisy.

dr inż. Sylwester Grajewski,
Katedra Inżynierii Leśnej Wydziału Leśnego
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu,
ul. Mazowiecka 41, 60-623 Poznań,
tel.: (061) 848 73 68,
e-mail: sylgraj@au.poznan.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Józef Suliński*

Sylwester Grajewski

THE APPLICATION OF CLUSTER ANALYSIS IN COMPARATIVE STUDIES ON WATER STORAGE CONDITIONS OF FOREST ECOSYSTEMS

SUMMARY

In the decision making process concerning numerous objects researchers frequently face the problem of selecting an appropriate method to link them into groups of similar objects. This study is a proposal of the application of agglomeration methods to search for relationships between individual forest ecosystems in terms of their water retaining capacity. It was assumed that most parameters describing water retaining capacity of a specific ecosystem should come from forest management plans.

Selected characteristics, adopted as those describing water retaining capacity of forest ecosystems, i.e. mean fall of land [%]; distance from watercourse network [m]; distance from standing waters, wetlands (lakes, ponds, swamps) [m]; site moisture content variant [-]; stand density index [-]; type of soil cover [-]; undergrowth cover index of the experimental plot [-]; canopy index [ha·ha⁻¹] and potential available water retentiveness of the soil profile [mm] were tested using seven data clustering methods, i.e. the single linkage method, group average method (UPGMA – Unweighted Pair-Group method using arithmetic averages), weighted average method (WPGMA – Weighted Pair-Group Method using arithmetic Averages), the furthest neighbor method, the unweighted centroid method (UPGMC – Unweighted

Pair-Group Method using Centroids), weighted centroid method (WPGMC – Weighted Pair-Group Method using Centroids) and the Ward method.

The applied clustering methods group analyzed objects, showing to a larger or smaller degree the existence of a considerable dependency between parameters selected for the purpose of the characteristic of water retaining capacity and the course of the clustering process itself. The main factor affecting the formation of dendrites was the age of tree stands and - in case of alder carrs – the forest site.

The furthest neighbor method and the Ward method seem to be the most advantageous for the search between objects in terms of the water retaining capacity defined in this study. The single linkage, unweighted centroid and weighted centroid methods, due to the tendency to form rather unclear clusters with the structure of long chains, do not seem suitable for such analyses.

Key words: water storage conditions, data clustering, Zielonka Primeval Forest