

Joanicjusz Nazarko, Mikołaj Rybaczuk,
Politechnika Białostocka
Mirosława Orłowska
Akademia Medyczna w Białymstoku

GRAFICZNA OCENA FIZYKO-CHEMICZNEGO
ZRÓŻNICOWANIA ZBIORNIKÓW WODNYCH
„ZIELONYCH PŁUC POLSKI”

1. Uwagi wstępne

Skażenie wód jest jednym z głównych problemów współczesnego społeczeństwa. Burzliwy rozwój przemysłu, intensyfikacja produkcji rolnej, niedostateczne oczyszczanie ścieków komunalnych i przemysłowych, spiętrzenie rzek spowalniające ich bieg powodują, że jakość wody stale się pogarsza. Według kryterium fizyko-chemicznego udział wód I klasy stanowił 5%, a wód pozaklasowych 33% ogółu wód powierzchniowych.

Na stosunki fizyko-chemiczne wód, zarówno płynących, jak i stojących, mają wpływ różne czynniki. Jednym z nich jest typ podłoża geologicznego, z którego wypłukiwane są substancje organiczne, mineralne oraz różnego rodzaju jony, np. chlorkowe, siarczanowe, magnezowe.

Innym ważnym czynnikiem jest szybkość prądu wody. W jeziorach czy stawach, pomimo ruchliwości, woda pozostaje w gruncie rzeczy ciągle ta sama, podczas gdy w rzekach stale płynie i ulega zmianom. O charakterze biologicznym zbiornika wodnego decyduje także temperatura, zawartość tlenu, rodzaj dna.

Charakter zlewni również odgrywa dużą rolę w składzie chemicznym wody. Jakość i rzeźba zlewni decydują o występowaniu w wodzie zawiesin i tworzeniu się osadów dennych. Pełna identyfikacja zanieczyszczeń jest praktycznie niemożliwa [1].

Północno-wschodnia Polska jest jednym z ostatnich regionów w Europie o nieskażonym środowisku naturalnym. Ekolodzy określają ten region mianem „zielonych płuc Polski” i otaczają go specjalną opieką. Autorzy poddali ocenie zależność cech wody od rodzaju zbiorników wodnych, właściwości podłoża geologicznego, miejsca usytuowania zbiornika wody i prędkości cieku na tym obszarze.

Do osiągnięcia postawionego celu wybrano metodę graficzną, umożliwiającą wizualną analizę porównawczą zbiorników wodnych i wpływu na ich podobieństwo i różnice analizowanych cech. Wyboru dokonano spośród kilku metod, których zastosowanie umożliwiały dostępne programy komputerowe.

2. Materiał i metody

W celu oceny jakości wody wybranych zbiorników wodnych wytypowano stanowiska do pobierania próbek wody. By zmniejszyć wpływ chwilowych zakłóceń na poziom badanych cech, na każdym stanowisku pobierano próbki wody wielokrotnie.

W pracy wykorzystano uśrednione wyniki niżej wymienionych cech:

X1 - pH,	X9 - siarczany [mg SO ₄ ²⁻ /dm ³],
X2 - tlen rozpuszczony [mg O ₂ /dm ³],	X10 - chlorki [mg Cl/dm ³],
X3 - dwutlenek węgla [mg/dm ³],	X11 - wapń [mg Ca ²⁺ /dm ³],
X4 - zasadowość ogólna [mval/dm ³],	X12 - magnez [mg Mg ²⁺ /dm ³],
X5 - azot amonowy [mg NH ₄ /dm ³],	X13 - żelazo całkowite [mg Fe ³⁺ /dm ³],
X6 - azot azotynowy [mg NO ₂ /dm ³],	X14 - sucha pozostałość [mg/dm ³],
X7 - azot azotanowy [mg NO ₃ /dm ³],	X15 - substancje rozpuszczone [mg/dm ³],
X8 - fosforany [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³],	X16 - zawiesiny [mg/dm ³].

W pracy porównano poziom analizowanych cech w wodach następujących zbiorników:

- rzeki (R): stanowisko na rzece Białej przepływającej przez Białystok (R3), dwa stanowiska na rzece Supraśl (R1, R2) oraz siedem stanowisk na rzece Biebrzy (R4-R10) - rzeki te przepływają przez obszary chronione;

- jeziora (J): klasyczne jezioro Komosa na skraju Puszczy Knyszyńskiej (J1) oraz sześć jezior śródlęśnych w obrębie Wigierskiego Parku Narodowego zwanych sucharami (J2-J7);

- stawy w Białymstoku (S): sztuczny (S1) oraz naturalny (S2); - źródła w dorzeczu rzeki Supraśl (Z): tworzące cieki o wartkim strumieniu (Z2, Z15); tworzące cieki o wolnym strumieniu (Z1, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8, Z10, Z11, Z12, Z13, Z14, Z16, Z18, Z19, Z20); podsiąkające, tworzące bagna (Z3, Z9, Z17); - wirtualny zbiornik z wodą o składzie „optymalnym” (Optimum). Dane do wszystkich obliczeń zapisano w macierzy X zawierającej k cech (kolumny) opisujące n obiektów (wiersze):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

Wybierając metodę analizy relacji między zbiornikami wodnymi z uwzględnieniem badanych cech, autorzy wzięli pod uwagę skalowanie wielowymiarowe oraz metodę składowych głównych, dostępne w pakietach statystycznych (np. STATISTICA [9]) i szeroko opisane w literaturze [3; 4; 5; 10; 11]. Program STATISTICA nie oferuje metody podwójnego wykresu (*biplot*) [2; 4; 6]. Do wygenerowania wykresów typu *biplot* wykorzystano program NTSYSpc *Numerical Taxonomy System for Cluster and Ordination Analysis Version 2.1* firmy *Exeter Software* (adres strony internetowej: <http://www.exetersoftware.com/cat/statisticsSoftware.html>). Program ten dokonuje projekcji punktów-objektów na znormalizowane wektory własne macierzy korelacji [6].

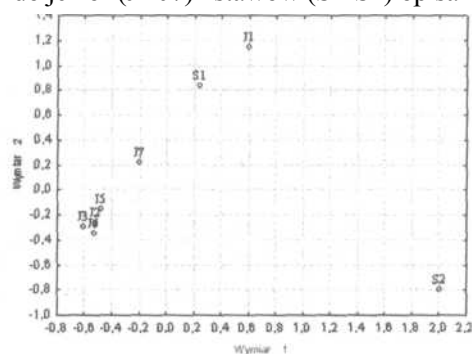
Rozwinięciem metody podwójnego wykresu (*biplot*) jest metoda umożliwiająca wpasowanie osi odpowiadającej wybranej cesze w konfigurację obrazów obiektów uzyskaną metodą skalowania wielowymiarowego na płaszczyźnie. Kryterium wpasowania jest osiągnięcie największej wartości współczynnika korelacji między wartościami cechy a rzutami obrazów obiektów na szukaną oś [8]. Autorzy nie dysponują programem realizującym metodę.

Kolejną rozważaną metodą graficznej prezentacji pełnej struktury danych jest odwzorowanie struktury 1-wymiarowych danych na płaszczyznę: struktury cech (relacji cecha-cecha) na okrąg, struktury obiektów (relacji obiekt-obiekt) w koło oraz relacji obiekt-cecha. Zastosowano następujące kryterium minimalizacji rozbieżności struktur:

$$F(D) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (z_{ij} - d_{ij})^2 = \text{minimum},$$

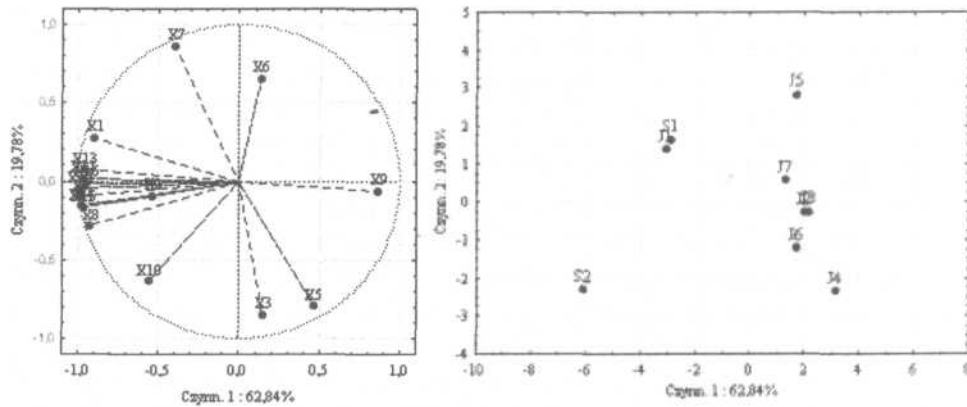
gdzie z_{ij} jest normalizowaną wartością tej cechy dla i -tego obiektu, zaś d_{ij} - euklidesową odległością między obrazem i -tego obiektu wewnątrz okręgu a obrazem y -tej cechy na okręgu. W wyniku znalezienia minimum powyższego kryterium uzyskuje się optymalne rozmieszczenie obrazów obiektów i obrazów cech. Algorytm tej metody przedstawiono w pracy [7]. Autorzy dysponują programem realizującym algorytm.

W celu podjęcia decyzji co do wyboru metody dokonano prezentacji graficznych wymienionymi metodami oraz porównano wyniki. Wszystkie metody zastosowano do danych ograniczonych do jezior (J1-J7) i stawów (S1-S2) opisanych cechami X1-X16.



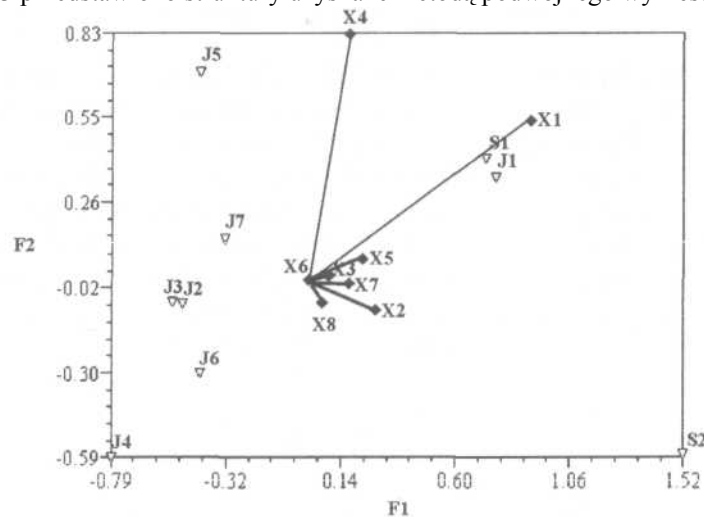
Rys. 1. Graficzna struktura jezior i stawów uzyskana metodą skalowania wielowymiarowego
Źródło: opracowanie własne wykonane za pomocą programu Statistica [9].

Wykres otrzymany metodą skalowania wielowymiarowego przedstawia rys. 1, a metodą składowych głównych rys. 2. Porównanie uzyskanych struktur obiektów pokazuje znaczne różnice. Obie metody nie dają możliwości oceny relacji obiekt-cecha.



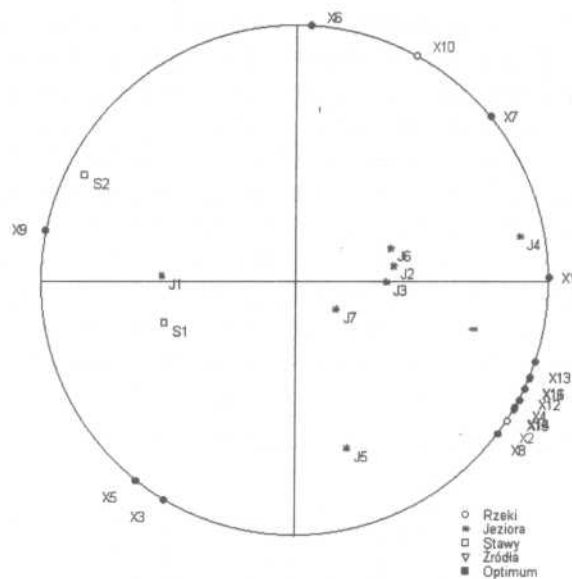
Rys. 2. Graficzna struktura jezior i stawów uzyskana metodą składowych głównych
Źródło: opracowanie własne wykonane za pomocą programu Statistica [9].

Na rys. 3 przedstawiono struktury uzyskane metodą podwójnego wykresu (*biplot*).



Rys. 3. Struktura obiektów i cech uzyskana metodą podwójnego wykresu
Źródło: opracowanie własne wykonane za pomocą programu NTSYSpc.

Przy generowaniu powyższego wykresu niezbędne okazało się ograniczenie liczby wektorów własnych do 8 ze względu na liczbę obiektów $n = 9$. Struktury obiektów na rys. 2 i 3 są zbliżone. Interpretacja struktury cech i ich wpływu na grupowanie się obiektów jest bardzo kłopotliwa. Być może takie kłopoty sprawiają postać wyników uzyskiwanych z programu NTSYSpc.



Rys. 4. Wynik odwzorowania jezior i stawów z uwzględnieniem wszystkich cech
Źródło: opracowanie własne.

Na rys. 4 przedstawiono wynik odwzorowania struktury cech (relacji cecha-cecha), struktury obiektów (relacji obiekt-obiekt) oraz relacji obiekt-cecha. Istota odwzorowania polega na odwzorowaniu struktury badanych parametrów wody na okrąg, obiektów (jezior i stawów) do koła ograniczonego okręgiem. Bliskość cech X3-X5 sugeruje ich dodatnie skorelowanie (współczynnik korelacji liniowej Pearsona między cechami $r = 0,69$), przeciwległe położenie cech X1-X9 sugeruje ujemne skorelowanie ($r = -0,84$), położenie cech X1-X6 pod kątem prawie prostym sugeruje słabą korelację między nimi ($r = -0,013$). Analogiczne uwagi dotyczą również pozostałych cech. Położenie obiektu S2 względem cechy X1 sugeruje wysoki poziom tej cechy (7,47 przy $\max = 7,47$, $\min = 5,34$), jego zaś położenie względem cechy X9 sugeruje niski poziom X9 (1,36 przy $\min = 1,047$, $\max = 9,84$).

Miarą zniekształcenia struktury obrazów obiektów na płaszczyźnie względem struktury w k-wymiarowej przestrzeni znormalizowanych cech jest współczynnik korelacji liniowej Pearsona między odległościami wszystkich możliwych par obiektów w przestrzeni cech i odległościami odpowiadających im obrazów na płaszczyźnie (r_{dd}). Idealna zgodność - $r_{dd}=1,0$; brak zgodności - $r_{dd}=0,0$. Dla zaprezentowanego odwzorowania jezior i stawów opisanych 16 cechami $r_{dd}=0,965$, co świadczy o minimalnym zniekształceniu struktury.

Miarą zgodności między wartościami znormalizowanymi cechy X_i w przestrzeni k-wymiarowej a odległościami między obrazami cech na okręgu i obrazami obiektów w kole jest współczynnik korelacji liniowej między wartościami cechy X_i dla wszystkich obiektów a odległościami obrazu cechy X_i od wszystkich obrazów

obiektów (r_{FF}). Dla cechy X_j współczynnik korelacji r_{FF} bliski jedności oznacza jej silny wpływ na strukturę obrazów obiektów (jest dobrze wpasowana w całą strukturę obrazów cech i obiektów), a interpretacja analogiczna jak poprzednio będzie poprawna. Niska wartość współczynnika korelacji r_{FF} dla cechy X ; oznacza przypadkowe położenie jej obrazu na okręgu. W takim przypadku wpływ tej cechy na strukturę obrazów obiektów może być mylnie zinterpretowany (jest ona źle wpasowana w całą strukturę obrazów cech i obiektów). Na wykresie obrazu cech słabo wpasowanych, dla których współczynnik korelacji r_{FF} jest mniejszy niż 0,75 (próg można przyjąć różny, lecz na ogół nie mniejszy niż 0,7), są wyróżnione i należy ostrożnie interpretować ich wpływ na strukturę obiektów*. Na powyższym wykresie są to cechy X2 ($r_{FF} = 0,596$) oraz X10 ($r_{FF} = 0,729$). Szczegóły dla innych cech i wykresów zamieszczono w tab. 2.

Tabela 1. Dane do oceny jakości odwzorowań struktury obiektów

Informacja	A Rys. 5	B Rys. 6	C Rys.7	D Rys. 8a	E Rys. 4	F Rys. 8b
Liczba obiektów	40	40	40	10	9	20
Liczba cech	16	11	5	16	16	16
Ocena struktury obiektów (r_{ad})	0,828	0,862	0,895	0,960	0,965	0,909

Tabela 2. Współczynniki r_{FF} do oceny jakości wpasowania cech i siły ich wpływu na obraz struktury

Cecha	A Rys. 5	B Rys. 6	C Rys.7	D Rys. 8a	E Rys. 4	F Rys. 8b
X1	0,748*	-	0,819*	0,557	0,943*	0,711*
X2	0,620	0,748*	-	0,620	0,596	0,613
X3	0,795	0,753*	-	0,907*	0,879*	0,765*
X4	0,938*	-	0,875*	0,858*	0,993*	0,919*
X5	0,558	0,737*	-	0,917*	0,805*	0,684
X6	0,346	0,886*	-	0,934*	0,763*	0,187
X7	0,479	0,637	-	0,805*	0,844*	0,500
X8	0,445	0,503	-	0,813*	0,933*	0,527
X9	0,567	0,473	-	0,888*	0,920*	0,394
X10	0,530	0,622	-	0,915*	0,729	0,654
X11	0,943*	0,508	-	0,975*	0,982*	0,961*
X12	0,806*	0,701*	-	0,815*	0,991*	0,625
X13	0,558	0,884*	-	0,579	0,976*	0,474
X14	0,946*	-	0,706*	0,939*	0,976*	0,907*
X15	0,923*	-	0,935*	0,854*	0,972*	0,940*
X16	0,347	-	0,712*	0,806*	0,954*	0,512

Cechy dobrze lub bardzo dobrze wpasowane w odwzorowaną strukturę.

Źródło: opracowanie własne.

Jakość odwzorowania struktury jezior i stawów, struktury badanych 16 cech oraz relacji cechy-zbiorniki wodne jest bardzo wysoka.

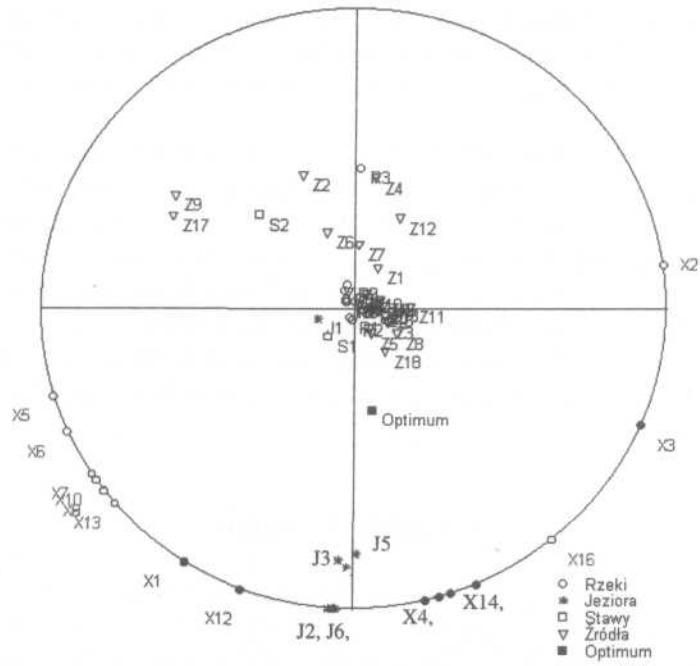
Porównanie struktury widocznej na rys. 4 ze strukturami z rys. 1-3 prowadzi do następujących wniosków:

- struktura obiektów znacznie się różni od uzyskanej metodą skalowania wielowymiarowego i zaprezentowanej na rys. 1; skalowanie wielowymiarowe bez dodatkowej analizy nie odpowiada na pytanie, które cechy odgrywają istotną rolę w grupowaniu się obiektów,
 - uzyskane metodą składowych głównych struktury obiektów i cech (oprócz X10 - niepewność jej usytuowania sygnalizowano powyżej) są dość zgodne (rys. 2); nie uzyskuje się oceny siły wpływu cech na grupowanie się obiektów,
 - struktura obiektów uzyskana metodą podwójnego wykresu (*biplot*) jest dość zgodna z zaprezentowaną na rys. 4, jednakże interpretacja struktury cech i ich wpływu na grupowanie się obiektów jest bardzo kłopotliwa.
- Zdaniem autorów najbardziej dogodną metodą wizualizacji struktury danych wielowymiarowych, spośród rozważanych, jest metoda, której algorytm przedstawiono w pracy [7].

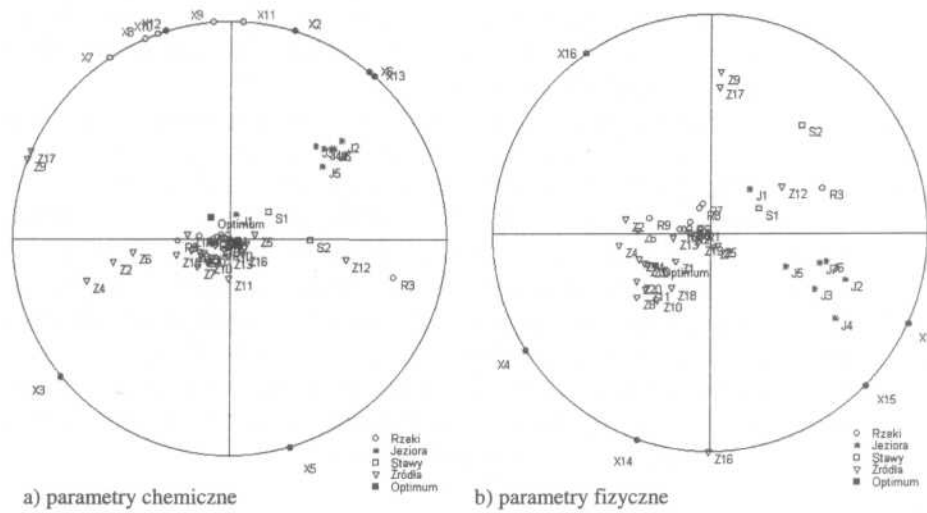
3. Analiza wyników

W celu zrealizowania postawionego celu autorzy postanowili przeanalizować obrazy: struktury badanych zbiorników wodnych z uwzględnieniem wszystkich badanych cech - A, struktury badanych zbiorników wodnych z uwzględnieniem cech chemicznych (X2, X3, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X1i, X12, X13) - B, struktury badanych zbiorników wodnych z uwzględnieniem cech fizycznych (X1, X4, X14, X15, X16) - C, struktury rzek (D), jezior (E) i źródeł (F) z uwzględnieniem badanych cech. Tabela 1 zawiera dane do oceny jakości struktur obiektów w analizowanych obrazach, tabela 2 zaś zawiera dane do oceny jakości wpasowania w strukturę uwzględnianych cech.

Analiza rys. 5 wykazuje, że skład chemiczny i fizyczny wody jest zróżnicowany w zależności od charakteru zbiorników wodnych. Należy stwierdzić, że wszystkie zbiorniki rzeczywiste mają wodę różną od wirtualnego obiektu o parametrach idealnych. O zróżnicowaniu zbiorników decyduje „koalicja” cech dość silnie skorelowanych dodatnio: X1 (pH), X12 (Mg), X4 (zasadowość ogólna), X1i (Ca), X14 (sucha pozostałość) oraz X15 (substancje rozpuszczone), a także X3 (dwutlenek węgla). Bardzo niskim poziomem tych cech charakteryzują się jeziora śródlądne J2-J7. Podwyższonym ich poziomem charakteryzuje się część źródeł, niezależnie od ich rodzaju, oraz staw naturalny S2. Pozostałe zbiorniki wodne pod względem poziomu wymienionych cech są zbliżone. Na strukturę obiektów przedstawioną na rys. 5 pozostałe cechy wpływają w niewielkim stopniu.



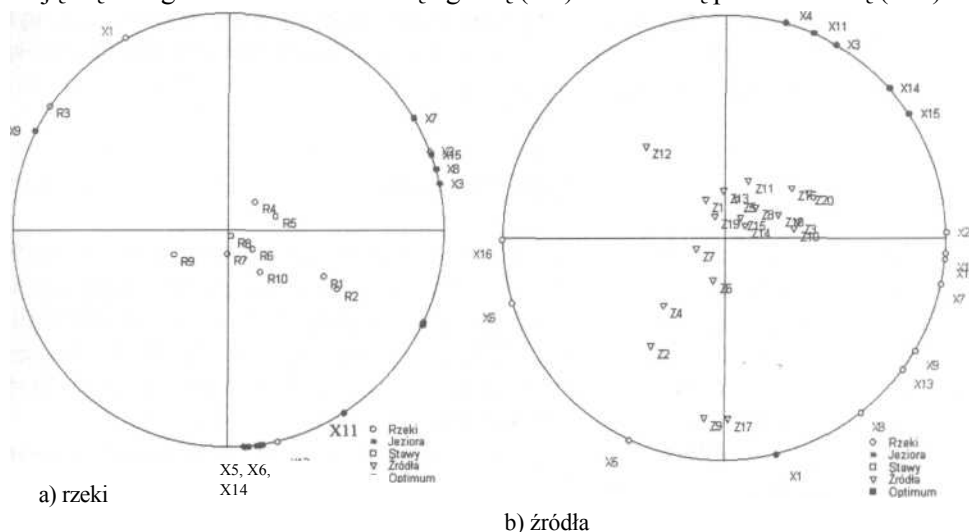
Rys. 5. Wynik odwzorowania wszystkich badanych zbiorników wodnych i parametrów
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Wynik odwzorowania wszystkich badanych zbiorników z uwzględnieniem cech opisujących:
a) skład chemiczny wody (X2, X3, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11, X12, X13)
b) skład fizyczny wody (X1, X4, X14, X15, X16)
Źródło: opracowanie własne.

W strukturze zbiorników wodnych determinowanej jedynie cechami chemicznymi (rys. 6a), tak jak poprzednio, suchary stanowią wyraźnie wyizolowane skupienie. Wydzielone skupienie stanowią też dwa spośród trzech źródeł Z9 i Z17 stanowiących bagna. Charakteryzują się one podwyższonym poziomem azotu amonowego i azotynowego (X5, X6) oraz żelaza całkowitego (X13). Zwraca uwagę wyizolowane położenie rzeki Białej przepływającej przez Białystok, jednakże poza podwyższonym poziomem magnezu i dwutlenku węgla trudno ocenić wpływ na izolację innych cech. Wyraźnie określoną rolę w różnicowaniu obiektów mają jedynie cechy (X12, X13, X2, X6, X3).

Cechy fizyczne determinują grupowanie się zbiorników w kilka skupień (rys. 6b). Jak poprzednio, wydzielone są jeziora śródlądne o wyraźnie kwaśnym pH (X1) i niskim poziomie substancji rozpuszczonych (X15) z wysokim poziomem zawiesiny (X16). Zwraca uwagę wydzielenie, ze względu na cechy fizyczne, zbiorników wodnych w obrębie Białegostoku (stawy S1 i S2 oraz rzeka Biała - R3). Wyróżniają się one głównie zasadowością ogólną (X4) oraz suchą pozostałością (X14).



Rys. 7. Wynik odwzorowania: a) rzek oraz b) źródeł
Źródło: opracowanie własne.

Spośród rzek (rys. 7a) wyraźnie odbiega rzeka Biała (R3). Wyróżnia się ona niskim poziomem siarczanów oraz podwyższonym poziomem pozostałych cech względem innych rzek. Woda zawiera znaczne ilości suchej pozostałości i substancji rozpuszczonych, co wskazuje na wysoką mineralizację. W próbach wody z tego ciekłu odnotowano bardzo duże stężenia fosforanów, żelaza, jonów chlorkowych i wapnia.

Można wnioskować, że skład chemiczny wody źródeł zależy od geologicznych właściwości podłoża i obszaru, w którym się znajduje. W kilku źródłach występują wyraźne różnice w poziomie niektórych spośród analizowanych 16 cech (rys. 7b).

Źródła helokreniczne Z9 i Z17, tworzące teren bagienny, wyróżniały się odczynem kwaśnym, wysoką zawartością dwutlenku węgla i wapnia oraz zasadowością. Woda zawierała znaczną ilość suchej pozostałości i substancji rozpuszczonych.

Zbliżoną charakterystykę wody ma źródło Z2, o dość szybkim nurcie i piaszczystym podłożu, jak też Z4 tworzące ciek o wolnym strumieniu. Na podobny poziom wartości cech w źródłach helokrenicznych Z9 i Z17, reokrenicznego Z2 oraz limnokrenicznego Z4 wpłynęło położenie w pobliżu osiedli ludzkich.

Innym odbiegającym od większości źródeł było limnokreniczne Z12 o powolnym nurcie, wyróżniające się wyraźnie zasadowym odczynem wody.

Jedynie cechy X1, X3, X4, X1i, X14 i X15 nie różnicują wyraźnie wody różnych źródeł.

Specyficzną grupę zbiorników wodnych stanowią śródlądne jeziora zwane sucharami o wyraźnie kwaśnym pH (rys. 4). W porównaniu z jeziorem klasycznym J1 oraz stawami S1 i S2 charakteryzują się one wysokim poziomem siarczanów (X9), dwutlenku węgla (X3) oraz azotu amonowego. Woda sucharów charakteryzuje się względnie niskim poziomem pozostałych cech. Stopień mineralizacji był wyraźnie niski. Stwierdzono znikomą ilość zawiesin, dzięki czemu woda sucharów charakteryzowała się dużą przezroczystością.

4. Podsumowanie

Określenie zależności poziomu cech fizyko-chemicznych wody w zbiornikach różnego typu jest trudne ze względu na zmienność układów hydrobiologicznych. Charakterystyczne jest to, że wyraźnie grupują się zbiorniki o różnego rodzaju trofii. Na uwagę zasługuje zróżnicowanie poziomu badanych cech w źródłach różnego typu. Wyniki analizy porównawczej wskazują, że już w wodzie źródlanej na jej skład mają wpływ warunki otaczającego, często zanieczyszczonego, środowiska.

Wykorzystana w analizie metoda odwzorowania struktury cech (relacji cecha-cecha), struktury obiektów (relacji obiekt-obiekt) i relacji obiekt-cecha w k-wymiarowej przestrzeni cech na płaszczyznę posiada wiele zalet: umożliwia prezentację obrazu wszystkich relacji w strukturze danych, pozwala na ocenę siły wpływu poszczególnych cech na strukturę obiektów, wspomaga formułowanie hipotez statystycznych. Te zalety zdecydowały o jej wyborze do przeprowadzonej w pracy analizy danych.

Opracowany program komputerowy pozwala na interaktywną analizę danych oraz szczegółową wizualną ocenę wielowymiarowej struktury danych.

Literatura

- [1] Kajak Z.: *Hydrobiologia - linnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. PWN, Warszawa 2001.

- [2] Gabriel K.R.: *The biplot graphical display of matrices with application to principal component analysis*. Biometrika 1971, 58, pp. 453-467.
- [3] Grabiński T.: *Metody taksonometrii*. Akademia Ekonomiczna, Kraków 1992.
- [4] Jajuga K.: *Statystyczna analiza wielowymiarowa*. PWN, Warszawa 1993.
- [5] *Metody taksonometrii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych*. Pod red. naukową A. Zeliasia, PWN, Warszawa 1989.
- [6] Rohlf F.J.: *NTSYSpc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. User Guide*. <http://www.exetersoftware.com/cat/ntsysguide21.pdf>
- [7] Rybaczuk M.: *Graficzna prezentacja struktury danych wielowymiarowych*. W: Taksonomia z. 9, *Klasyfikacja i analiza danych - teoria i zastosowania*. Prace Naukowe nr 942 Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu 2002, s. 146-153.
- [8] Sokołowski A.: *Identyfikacja osi w skalowaniu wielowymiarowym*. W: *Klasyfikacja i analiza danych - problemy teoretyczne*, Taksonomia, z. 2, Wydawnictwo AE Wrocław 1995, s. 97-100.
- [9] STATISTICA 5.5 for Windows, Tulsa, StatSoft Inc. [2000]. [10] Walesiak M.: *Metody analizy danych marketingowych*. PWN, Warszawa 1996. [11] Walesiak M.: *Metody klasyfikacji wielowymiarowej. Przegląd*. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 686, Wrocław 1994. *Artykuł powstał w wyniku badań prowadzonych w ramach pracy W/WZ/3/02 finansowanej przez KBN*.

GRAPHIC ASSESSMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL DIVERSITY OF WATER RESERVOIRS IN THE "GREEN LUNGS OF POLAND" REGION

Summary

The paper aims at assessing the dependence of water character on geological features of bed, area where a water reservoir is situated, flow speed, intensification cast and degree of eutrophication. Measurements of 18 physical and chemical parameters have been carried out in water from different types of reservoirs (lakes, rivers, ponds, springs).

In this paper, the new original method of graphic presentation of objects structure, relations object-feature and feature-feature has been presented. As a result, the observation of full data structure as object-features, object-object and features-features relations is possible.

Data analysis allowed to determine similarities and differences between water-courses and stagnant waters, select groups of parameters that significantly differentiate particular types of reservoirs or are insignificant in differentiating. Comparative analysis of several classical methods and the new method has been carried out.