

## ZASTOSOWANIE SIECI KOHONENA I WYKRESU ROZRZUTU DO IDENTYFIKACJI GRUP MIODÓW WEDŁUG ICH CECH ELEKTRYCZNYCH\*

*Deta Łuczycka, Krzysztof Pruski*

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** Celem pracy jest wykonanie analiz symulacyjnych bazujących na sieci Kohonena i skalowaniu wielowymiarowym, oraz możliwość zastosowania tych technik do identyfikacji grup miodów odmianowych pod względem cech elektrycznych. Przebadano przenikalność elektryczną, współczynnik strat dielektrycznych oraz przewodność szesnastu gatunków miodów (spadziowe i nektarowe). W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że sieci Kohonena oraz skalowanie wielowymiarowe są dobrymi narzędziami do określania liczebności i składu gatunkowego grup miodów odmianowych. Właściwą architekturą sieci Kohonena tworzącą poprawną mapę topologiczną, dla analizowanych cech miodu, jest mapa zbudowana z 9 neuronów wyjściowych o wymiarach 3x3.

**Słowa kluczowe:** miód, właściwości elektryczne, sztuczne sieci neuronowe, sieci Kohonena

### Wstęp

W Dyrektywie Rady UE jednoznacznie ustalono normy według której miody możemy podzielić ze względu na sposób jego powstania. Wyróżniono miody spadziowe - uzyskane głównie z wydzielin owadów wysysających (Hemiptera) żywe części roślin, oraz miody nektarowe (kwiatowe) – uzyskane z nektaru roślinnego. Ponadto, występuje też grupa miodów nektarowo-spadziowych [Dyrektywa Rady UE 2001/110/WE]. Pochodzenie surowca z którego powstał miód wpływa bezpośrednio na jego barwę, walory smakowe, zapachowe oraz właściwości chemiczne i odżywcze [Skowronek 2001]. Identyfikacja odmian miodu jest zagadnieniem skomplikowanym, wymagającym specjalistycznych badań składu chemicznego oraz palinologicznych. Ich przeprowadzenie jest możliwe w wyspecjalizowanych laboratoriach. Rozwiązaniem tego problemu mogą być badania cech elektrycznych miodu zaproponowane przez Łuczycką i in. [2011]. Stwierdzono, że przenikal-

\* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki – projekt badawczy nr. N N313 766640.

ność elektryczna może służyć do szybkiego wykrywania zafałszowań miodu, jak również do rozróżniania miodów ze względu na źródło pożytku.

Analiza z zastosowaniem sieci Kohonena ma charakter grupowania wielo cechowego. Zastosowana technika jest polecana do badania słabo rozpoznanych struktur podobieństwa. Używa się jej do szeroko rozumianej klasyfikacji [Tadeusiewicz 1993]. Oznacza to, że podobne sygnały wejściowe powinny być klasyfikowane jako należące do tej samej kategorii, które z kolei wyznaczane są przez sieć na podstawie analizowanych danych [Boniecki 2008]. Typowymi dziedzinami zastosowań sieci Kohonena jest rozpoznawanie i identyfikacja, ale również analiza skupień. Łuczycza [2010] zastosowała sieć Kohonena do stworzenia mapy topologicznej dla badanych pszenic ozimych i jarych. Za dane wejściowe przyjęła badane cechy elektryczne ziarniaków: przenikalność elektryczną oraz współczynnik strat dielektrycznych. Wyniki symulacji potwierdziły spostrzeżenia autorki odnośnie różnicowania badanych zbóż pod względem ich cech elektrycznych.

Celem pracy jest wykonanie analiz symulacyjnych bazujących na sieci Kohonena i skalowaniu wielowymiarowym, oraz możliwość zastosowania tych technik do identyfikacji grup miodów odmianowych pod względem cech elektrycznych.

## Metodyka badań

Badania przeprowadzono w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Przebadano 16 miodów odmianowych (spadziowy: liściasty i iglasty (3) oraz nektarowe: lipowy (2), wielokwiatowy (2), gryczany (2), leśny, mniszkowy, rzepakowy, malinowy, akacjowy, łąkowy, wrzosowy) ze względu na ich cechy elektryczne:

- przenikalność elektryczną  $\epsilon$  [ $F \cdot m^{-1}$ ],
- współczynnik strat dielektrycznych  $tg\delta$  [-],
- przewodność elektryczną  $\sigma$  [ $S \cdot cm^{-1}$ ].

Przed wykonaniem pomiarów próbki miodów doprowadzono do temperatury  $40^{\circ}C$  w celu uzyskania miodu w postaci płynnej. Pomiar przenikalności elektrycznej  $\epsilon$ , oraz współczynnika strat dielektrycznych  $tg\delta$  przeprowadzono metodą pośrednią. Polega ona na pomiarze, za pomocą analizatora impedancji, pojemności  $C$  i rezystancji  $R$  badanej próbki materiału. Wartości badanych cech elektrycznych zawierały się w następujących przedziałach:  $\epsilon$  39,12 – 164,3 [ $F \cdot m^{-1}$ ],  $tg\delta$  8,41 – 182,1 [-],  $\sigma$  137 – 1192 [ $S \cdot cm^{-1}$ ]. Następnie na podstawie otrzymanych wyników, wyznaczenie cech geometrycznych przestrzeni międzyelektrodowej oraz częstotliwości pola elektromagnetycznego, w którym prowadzono badania, obliczeniu właściwości elektrycznych, które są właściwym przedmiotem dalszych analiz. Do wykonania pomiarów posłużono się analizatorem impedancji FLUKE PM6304. Pomiar przewodności elektrycznej wykonano dla 20% roztworu wodnego miodu, metodą bezpośrednią za pomocą konduktometru AZ 8361 Cond./TDS.

Badania symulacyjne wykonano z zastosowaniem środowiska Statistica 9. Za dane wejściowe przyjęto trzy przebadane cechy elektryczne miodów: przenikalność elektryczną  $\epsilon$  [ $F \cdot m^{-1}$ ], współczynnik strat dielektrycznych  $tg\delta$  [-], przewodność elektryczną  $\sigma$  [ $S \cdot cm^{-1}$ ]. Przetestowano różne architektury sieci Kohonena, zmieniając za każdym razem ilość neuronów wyjściowych. Do uczenia i testowania sieci użyto danych rzeczywistych, niewykalibrowanych. Sprawdzono różne rodzaje sieci dla kolejno miodów nektarowych, spadziowych oraz łącznie obydwu rodzajów miodów (nektarowe i spadziowe).

## Wyniki badań

Testując sieć o architekturze 2x2 dla miodów spadziowych uzyskano błąd 0,00 co mogło wynikać z niewielkiej ilości analizowanych odmian. Położenie poszczególnych miodów na mapie topologicznej przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Rozmieszczenie badanych odmian miodu spadziowego na mapie topologicznej stworzonej przez sieć neuronową

Table 1. Distribution of honeydew honey cultivars on a topological map formed by neural network

|   | 1                | 2               |
|---|------------------|-----------------|
| 1 | spadziowy        | spadź iglasta I |
| 2 | spadź iglasta II |                 |

*Źródło: obliczenia własne*

Natomiast sieć o takiej samej architekturze badająca miody nektarowe uzyskała błąd na poziomie 0,04. Rozmieszczenie miodów nektarowych na mapie utworzonej przez sieć neuronową obrazuje tabela 2.

Tabela 2. Rozmieszczenie badanych odmian miodu nektarowego na mapie topologicznej stworzonej przez sieć neuronową

Table 2. Distribution of honey nectarine cultivars on a topological map formed by neural network

|   | 1                                   | 2  |
|---|-------------------------------------|--|
| 1 | leśny,<br>gryczany II,<br>mniszkowy | lipowy I, wielokwiatowy I,<br>malina, rzepakowy,<br>akacjowy |
| 2 | lipowy II,<br>wrzosowy              | gryczany I,<br>łąkowy,<br>wielokwiatowy II,                  |

*Źródło: obliczenia własne*

Tabela 3 przedstawia mapę dla sieci o architekturze 2x2 miodów spadziowych i nektarowych łącznie. Błąd jaki uzyskała sieć podczas procesu uczenia wynosił 0,04. Można zauważyć pewną analogię do mapy miodów nektarowych. Połączenie wszystkich gatunków miodów w jednej sieci spowodowało niewielkie zmiany jeśli chodzi o klasyfikację miodów nektarowych. Większość grup nie uległa zmianie, natomiast nieliczne zostały sklasyfikowane inaczej niż miało to miejsce podczas grupowania miodów nektarowych. Do tych nielicznych miodów zostały przyporządkowane miody spadziowe.

Pierwsza sieć o architekturze 2x2 charakteryzowała się błędem w zbiorze uczącym w granicach 0,04 co świadczy o dobrej architekturze sieci. Testując sieci o architekturze 3x3 uzyskiwano niższe błędy w zbiorach uczących. Dla miodów spadziowych błąd wynosił 0,00, dla nektarowych 0,01, a dla miodów nektarowych i spadziowych zaledwie 0,02. Mapy topologiczne sieci dla miodów spadziowych, nektarowych oraz nektarowych i spadziowych przedstawiają tabele 4-6.

Tabela 3. Rozmieszczenie badanych odmian miodu nektarowego i spadziowego na mapie topologicznej stworzonej przez sieć neuronową

Table 3. Distribution of honeydew honey and nectarine cultivars on a topological map formed by neural network

|   | 1  | 2   |
|---|--|---|
| 1 | lipowy I, wielokwiatowy I,<br>malina, rzepakowy, akacjowy, | spadziowy, spadź iglasta I<br>wrzosowy            |
| 2 | gryczany I, leśny,<br>łąkowy, gryczany II, mniszkowy       | lipowy II, wielokwiatowy II,<br>spadź iglasta II, |

*Źródło: obliczenia własne*

Tabela 4. Rozmieszczenie badanych odmian miodu spadziowego na mapie topologicznej 3x3 stworzonej przez sieć neuronową

Table 4. Distribution of honeydew honey cultivars on 3x3 topological map formed by neural network

|   | 1                | 2 | 3               |
|---|------------------|---|-----------------|
| 1 | spadziowy        |   | spadź iglasta I |
| 2 |                  |   |                 |
| 3 | spadź iglasta II |   |                 |

*Źródło: obliczenia własne*

Tabela 5. Rozmieszczenie badanych odmian miodu nektarowego na mapie topologicznej 3x3 stworzonej przez sieć neuronową

Table 5. Distribution of honey nectarine cultivars on a topological map created by the 3x3 neural network

|   | 1                                 | 2         | 3  |
|---|-----------------------------------|-----------|--|
| 1 | leśny, mniszkowy,<br>gryczany II, | łąkowy    | lipowy I, wielokwiatowy I,<br>malina, rzepakowy, akacjowy, |
| 2 | wielokwiatowy II                  |           |  |
| 3 | wrzosowy                          | lipowy II | gryczany I   |

*Źródło: obliczenia własne*

Tabela 6. Rozmieszczenie badanych odmian miodu nektarowego i spadziowego na mapie topologicznej 3x3 stworzonej przez sieć neuronową

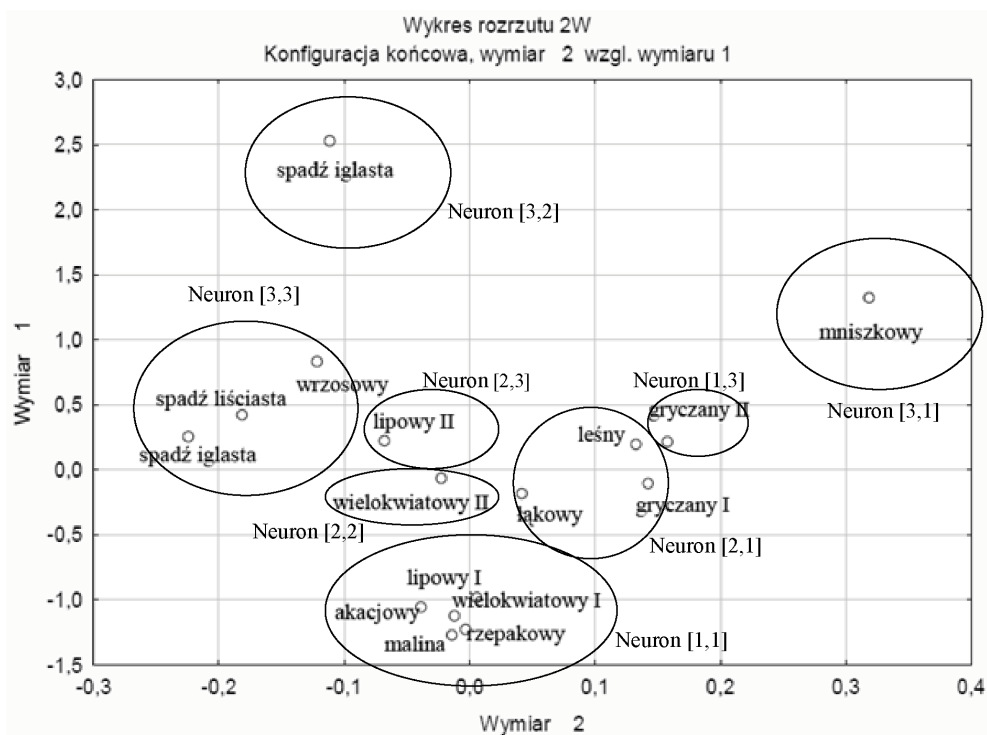
Table 6. Distribution of honeydew honey and nectarine cultivars on a topological map created by the 3x3 neural network

|   | 1  | 2                | 3  |
|---|--|------------------|--|
| 1 | lipowy I, wielokwiatowy I,<br>malina, rzepakowy, akacjowy, |                  | gryczany II                              |
| 2 | leśny, łąkowy,<br>gryczany I,                              | wielokwiatowy II | lipowy II                                |
| 3 | mniszkowy,   | spadź iglasta II | spadź iglasta I,<br>spadziowy, wrzosowy, |

*Źródło: obliczenia własne*

Analizując mapę przedstawioną w tabeli 6 można stwierdzić, że sieć zbudowana z 9 neuronów dobrze oddaje charakterystykę badanej zbiorowości. Widać, że miody spadziowe zostały przyporządkowane do 2 neuronów sąsiadujących ze sobą, natomiast miody nektarowe znalazły się w innym rejonie mapy. Umieszczenie w oddzielnych neuronach miodów tego samego gatunku, świadczy o odmiennych właściwościach elektrycznych tych miodów. Może to być spowodowane różnymi czynnikami takim jak: fałszowanie miodów, inne terminy zbiorów pożytku przez pszczoły czy po prostu różne proporcje pożytków [Luczycka i in. 2011].

Dla porównania wykonano wykres rozrzutu badanej zbiorowości. Wykonując tę analizę obserwuje się konfigurację punktów (miodów) na płaszczyźnie. Oznacza to, że miody które są od siebie daleko w przestrzeni oryginalnej będą daleko w diagramie skalowania wielowymiarowego.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 1. Wykres rozrzutu obrazujący konfigurację miodów gatunkowych w przestrzeni 2W  
 Fig. 1. A scatter diagram presenting the configuration of honey quality in 2D space

Analizując przedstawiony wykres rozrzutu możemy zauważyć pewne podobieństwo do przedstawionej wcześniej sieci Kohonena o architekturze 3x3. Osie w skalowaniu wielowymiarowym są niemianowane, wartość macierzy odległości na podstawie, której powstaje wykres rozrzutu jest liczona dla przestrzeni wielowymiarowej, w tym przypadku trójwymiarowej (liczba cech). Wykres ten zapewnia optymalną ilustrację dwuwymiarową dla punktów w przestrzeni wielowymiarowej. Na wykresach rozrzutu obserwujemy skupienia punktów podobne jak w sieci (neurony:[1,1],[2,1],[3,3]), a także wartości odstające. Jeden z miodów spadziowych okazał się miodem o wyjątkowo wysokiej przewodności stąd jego oddzielenie w osobną grupę, niektóre miody kwalifikowane przez autorów jako nektarowe mogły być w rzeczywistości miodami nektarowo-spadziowymi dlatego znalazły się w pobliżu miodów spadziowych. W dalszych badaniach uwzględniany będzie nie tylko dominujący czynnik determinujący zakwalifikowanie miodu do danej grupy ale też wyniki pełnej analizy pyłkowej. Niewyjaśnione, na obecnym etapie badań, pozostaje wydzielenie miodu mniszkowego w odległą, na wykresie rozrzutu, grupę – autorzy uważają, że dalsze badania właściwości elektrycznych prowadzone na większej liczbie próbek oraz skorelowanie ich z wynikami analiz chemicznych pozwolą wyjaśnić tę kwestię.

Porównując obie metody klasyfikacji zmiennych, można sformułować wniosek, że obie metody dobrze klasyfikują badane miody, jednak odczytując mapę topologiczną sieci można jednoznacznie odczytać ilość grup, które zostały obliczone podczas symulacji.

## Wnioski

1. Sieci Kohonena mogą być wykorzystywane do grupowania odmian miodu pod względem ich cech elektrycznych.
2. Wykonana analiza pozwala stwierdzić, że cechy elektryczne charakteryzują poszczególne grupy miodów.
3. Przy grupowaniu analizowanych danych za pomocą wykresu rozrzutu, sieci Kohonena są pomocne w określaniu ilości i liczności grup badanej zbiorowości.
4. Wykonując analizę nieznaną zbiorowości za pomocą sieci Kohonena warto, zaproponować symulatorowi sieci większą liczbę neuronów wyjściowych. Zbiorowość zostanie przyporządkowana do odpowiednio dużej liczby neuronów wyjściowych, a zbędne neurony nie zostaną wykorzystane. W przypadku zbyt małej liczby neuronów wyjściowych klasyfikacja może okazać się mało precyzyjna.

## Bibliografia

- Boniecki P.** (2008): Elementy modelowania neuronowego w rolnictwie. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, ISBN-978-83-7160-473-7.
- Łuczycza D.** (2009): Cechy elektryczne ziaren pszenicy. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, ISBN-978-83-60574-70-6.
- Łuczycza D., Szewczyk A., Pruski K.** (2011): Elektryczne metody wykrywania zafałszowań miodu. *Inżynieria Rolnicza*, 5(130), 165-170.

**Skowronek W.** (2001): Pszczelnictwo. Podręcznik dla studentów, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Oddział Pszczelnictwa, Pszczelnicze Towarzystwo Naukowe, Puławy, ISBN 833-88707-21-3.

**Tadeusiewicz R.** (1993): Sieci Neuronowe. Akademicka Oficyna Wydaw. RM, Warszawa <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty/0001/> ISBN 83-85769-03-X.

Dyrektywa Rady 2001/110/WE z dnia 20 grudnia 2001 r.

## **APPLICATION OF KOHONEN MAP AND A SCATTER DIAGRAM FOR IDENTIFICATION OF HONEY GROUPS ACCORDING TO THEIR ELECTRIC FEATURES**

**Abstract.** The purpose of the work is to carry out simulation analysis which are based on Kohonen map and multidimensional scaling and the possibility of application of these technologies for identification of cultivar honey groups in relation to their electric properties. Electric conductivity, coefficient of dielectric losses and conductivity of 16 cultivars of honey (honeydew and nectar honey) were researched. As a result of the analysis which was carried out, it was determined that Kohonen map and multidimensional scaling are good devices for determining the number and species composition of cultivar honey groups. A map formed of 9 output neurons of 3x3 dimensions is the proper architecture of Kohonen map which forms a correct topology map for the analysed properties of honey.

**Key words:** honey, electric properties, artificial neuron networks, Kohonen maps

**Adres do korespondencji:**

Deta Łuczycka e-mail: [deta.luczycka@up.wroc.pl](mailto:deta.luczycka@up.wroc.pl)

Instytut Inżynierii Rolniczej

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

ul Chelmońskiego 37-41

51-630 Wrocław