

NEURONOWA ANALIZA WPLYWU SPOSOBU DOJU I WYBRANYCH CECH ZOOTECHNICZNYCH KRÓW NA LICZBĘ KOMÓREK SOMATYCZNYCH W MLEKU

Streszczenie

Sztuczne sieci neuronowe są narzędziem coraz częściej wykorzystywanym w poznawaniu złożonych procesów biologicznych. Celem pracy było wykorzystanie zalet sztucznych sieci neuronowych do oceny wpływu sposobu doju oraz wybranych cech zootechnicznych krów na liczbę komórek somatycznych w mleku.

Wprowadzenie

Procesy biologiczne charakteryzują się dużą złożonością i nieliniowością oraz trudnymi do określenia współzależnościami pomiędzy czynnikami wpływającymi na ich przebieg. Ma to istotne znaczenie dla dokładnego ich poznania. Jednym z narzędzi pomocnych w rozwiązaniu omawianych problemów są SSN (Sztuczne Sieci Neuronowe) [9]. SSN są narzędziem od dawna z powodzeniem wykorzystywanym do wspomagania modelowania oraz poznawania procesów zachodzących w szeroko pojętej inżynierii rolniczej [1, 2, 7, 12]. Krąg ich potencjalnych zastosowań cały czas poszerza się. Jest to możliwe dzięki ich podstawowej właściwości, jaką jest wykorzystywanie procesu uczenia, realizowanego na podstawie posiadanych danych. Drugą ważną zaletą SSN jest rozproszony charakter przetwarzania informacji i wynikająca z niego odporność na uszkodzone i zaszumiane dane, co często zdarza się w przypadku danych empirycznych [16].

W gospodarstwach użytkujących krowy mleczne, najpowszechniejszym sposobem maszynowego pozyskiwania mleka jest dój z zastosowaniem pulsacji przemiennej i rzadziej równoczesnej, gdzie parametry pracy pulsatora są niezmiennie w czasie doju. Są to działania nieodpowiadające fizjologii oddawania mleka przez poszczególne ćwiartki wymienia krowy, gdyż różnią się one między sobą zarówno co do ilości produkowanego mleka, jak i szybkości jego wydawania [10]. Prowadzi to do powstawania w czasie doju zjawiska postudojów gruczołów mlekowych, bardzo szkodliwych dla delikatnych tkanek strzyków [13]. Nie stwierdzono jednak jednoznacznie wpływu tego zjawiska na zwiększanie liczby komórek somatycznych w mleku [11, 17].

Pulsacja ćwiartkowa spotykana jest w oborach bardzo rzadko, gdyż jedynym produkowanym seryjnie pełnym ćwiartkowym systemem udojowym jest najnowszy robot udojowy holenderskiej firmy Lely Industries NV - „Astronaut A3” [19]. Znaczne osiągnięcia w budowie ćwiartkowego aparatu udojowego posiada również Instytut Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, gdzie nowe urządzenie przygotowywane jest już do upowszechnienia w oborach mlecznych [7].

Analiza wpływu systemu pulsacji (sposobu doju) na liczbę komórek somatycznych w mleku jest w literaturze praktycznie nieobecna. Bezpośrednio problem ten sygnalizuje Spencer [15], który podaje, że nie stwierdzono jednoznacznie wpływu systemu pulsacji przemiennej (2x2) i równoczesnej (4x0) na ryzyko powstania mastitis (zapaleń gruczołu mlekowego).

Z kolei Jędrus [7] rozpoczął badania mające na celu określenie wpływu pulsacji ćwiartkowej na liczbę komórek somatycznych w mleku. Badania ograniczono jednak tylko do określania ich poziomu rozpatrywanego na tle wartości dopuszczalnych przez mleczarnie [5]. W badaniach tych nie uwzględniano szczegółowo cech zootechnicznych wydajanych krów.

Celem pracy była ocena wpływu sposobu doju krów oraz ich wybranych cech zootechnicznych na liczbę komórek somatycznych w mleku z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych. W czasie badań krowy doiono klasycznym aparatem udojowym, działającym przemiennie oraz nowym ćwiartkowym aparatem udojowym, w którym pulsacja odbywała się niezależnie w każdym kubku udojowym.

Metodyka badań

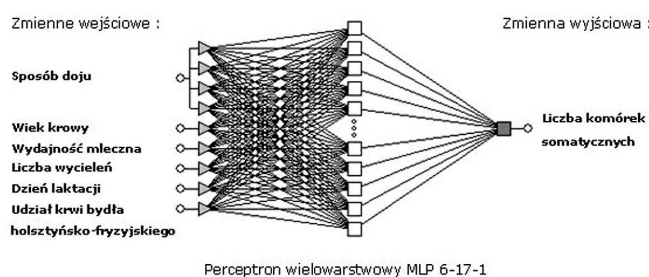
W celu przeprowadzenia eksperymentu komputerowego, mającego na względzie ocenę wpływu sposobu doju i wybranych parametrów zootechnicznych krów na liczbę komórek somatycznych w mleku wykorzystano symulator jednokierunkowych sieci neuronowych zaimplementowany w pakiecie *Statistica v. 7.0.* firmy StatSoft [18]. Wybór SSN do analizy posiadanych danych zdeterminowany został przez ich cechę, jaką jest przeprowadzana analiza wrażliwości sieci na poszczególne zmienne wejściowe. Pozwala ona na odróżnienie ważnych zmiennych od takich, które niewiele wnoszą do wyniku działania sieci. Wykonać ją można w celu uzyskania jakichś informacji o zależnościach zawartych w posiadanym zbiorze danych [18]. Przydatność analizy wrażliwości do oceny wpływu pulsacji ćwiartkowej na przebieg doju krów oraz uzyskiwana jakość pozyskiwanego surowca mlecznego potwierdzono już we wcześniejszych badaniach [7, 8].

Analizę wrażliwości przeprowadzono na podstawie danych zebranych w hali udojowej i w oborze z dojarką rurociągową. Łącznie przeprowadzono ponad 100 dojów grupy 30 krów c.b. krzyżowanych z rasą holsztyńsko-fryzyjską, od których pobierano mleko do testów laboratoryjnych (po dojach porannych), przeprowadzanych przez Okręgową Spółdzielnię Mleczarską w Jarocinie.

Do interpretacji (jako zmienną wyjściową) przyjęto wartości liczby komórek somatycznych w mleku. Główną analizowaną zmienną wejściową był sposób doju krów: przemienny (tradycyjnie stosowany w oborach) oraz ćwiartkowy. Ze względu na specyfikę realizowanych dojów, gdzie próby mleka pobierano zarówno na początku badań, jak i po ich zakończeniu, wyodrębniono w sumie cztery warianty zmiennej wejściowej.

Doje przemienne przeprowadzono sprzętem używanym w gospodarstwach. Z kolei doje ćwiartkowe realizowano z użyciem nowo opracowanej dojarki [7]. Działanie ćwiartkowego aparatu udojowego polegało na zwiększaniu częstotliwości pulsacji w fazie głównej wypływu mleka z ćwiartek wymion: z 60 do 120 zmian na minutę (hala udojowa) i z 54 na 80 zmian na minutę (obora z dojarką rurociągową). W początkowej i końcowej fazie doju stosowano mniejsze wartości częstotliwości pulsacji, przy czym regulacja pracy pulsatora ćwiartkowego odbywała się indywidualnie dla każdego kubka udojowego.

Jako parametry wejściowe przyjęto również wybrane cechy zootechniczne krów: ich wiek, wydajność mleczną, liczbę wycieleń, dzień laktacji oraz udział krwi bydła holsztyńsko-fryzjijskiego. Dane zootechniczne uzyskano z kart dokumentacyjnych krów, przy czym nie zawsze były one kompletne. Uwzględnione parametry zootechniczne krów były bardzo zróżnicowane, ze względu na losowy dobór grup badawczych. Przyjęty tok postępowania przedstawia rys. 1.



Perceptron wielowarstwowy MLP 6-17-1

Rys. 1. Wielkości wejściowe i wyjściowe oraz topologia modelu sieci neuronowej

Fig. 1. Input and output quantities and neural network model topology

Wyniki badań

W celu wygenerowania zbioru adekwatnych topologii sieci neuronowych posłużono się efektywną procedurą, zaimplementowaną w aplikacji *Statistica v. 7.0.*, w postaci automatycznego projektanta sieci (w wersji zaawansowanej). Jest to silne narzędzie pozwalające skrócić czas żmudnych poszukiwań właściwych topologii sieci neuronowych, uczonych w oparciu o posiadany zbiór danych.

Losowy charakter procesu uczenia sieci powoduje, że sieci neuronowe opracowane do modelowania tego samego procesu mogą różnić się wartościami błędów. Dlatego konieczne jest przyjęcie kryterium wyboru najlepszego z uzyskanych modeli neuronowych. W pracy przyjęto, że kryterium wyboru najlepszego modelu neuronowego będzie wartość błędu **RMS** (ang: *Root Mean Squared* pierwiastek średnio kwadratowy) dla zbioru walidacyjnego. Błąd **RMS** jest to sumaryczny błąd popełniany przez sieć na pewnym zbiorze danych, wyznaczany poprzez sumowanie kwadratów błędów indywidualnych, podzielenie uzyskanej sumy przez liczbę uwzględnionych wartości i wyznaczenie pierwiastka kwadratowego z uzyskanego ilorazu. Błąd **RMS** jest prostym i wygodnym obliczeniowo wskaźnikiem, który w dogodny sposób opisuje sumaryczny błąd dla całego zbioru uczącego i całego zbioru zmiennych wyjściowych [18]. Najlepsze właściwości (najmniejszy błąd **RMS** rzędu 0,15) uzyskano w przypadku sieci perceptronowej trójwarstwowej **MLP** (ang: *MultiLayer Perceptron*) (nr 6) uczonej kombinacją algorytmów **BP** (ang: *Back Propagation* algorytm wstecznej propagacji błędów) oraz **CG** (ang: *Conjugate Gradient* - algorytm gradientów sprzężonych) (tab. 1).

Wygenerowana sieć neuronowa posiadała strukturę typu 6:17:1, tzn. posiadała 1 warstwę ukrytą, zawierającą 17 neuronów sigmoidalnych (tzn. posiadających funkcję aktywacji w postaci sigmoidy). Liczba neuronów wejściowych (6) oraz wyjściowych (1) zdeterminowana była fizyczną strukturą badanego zagadnienia. Strukturę wygenerowanej sieci przedstawia wspomniana wcześniej tab. 1.

Tab. 1. Parametry wygenerowanych sieci neuronowych
Table 1. Parameters of generated neural networks

Testy sieci dla zbioru dane pomiarow.sta						
	Typ	Jakość u.	Jakość w.	Błąd u.	Błąd w.	Uczenie
1	MLP 1:4-3-1:1	0,969195	1,050967	0,170873	0,210381	BP100,CG20,CG0b
2	MLP 6:9-19-1:1	0,727545	0,908451	0,129111	0,181889	BP100,CG20,CG2b
3	MLP 6:9-12-1:1	0,627425	0,899748	0,112450	0,180106	BP100,CG20,CG25b
4	MLP 6:9-16-1:1	0,713406	0,867143	0,126714	0,173878	BP100,CG20,CG0b
5	MLP 6:9-15-1:1	0,620534	0,847940	0,111914	0,169802	BP100,CG20,CG2b
6	MLP 6:9-17-1:1	0,557161	0,768315	0,098665	0,154089	BP100,CG20,CG15b

Na podstawie wybranego modelu SSN przeprowadzona została analiza wrażliwości zmiennych wejściowych. Podstawową jej miarą jest *iloraz błędów*, mówiący o wzroście sumarycznego błędu popełnianego przez model przy nieuwzględnieniu rozpatrywanej zmiennej wejściowej. Im *iloraz błędów* jest większy tym zmienna ma większy wpływ na wynik działania sieci. Jeżeli *iloraz błędów* dla danej zmiennej jest równy lub nawet mniejszy od 1, to nie ma ona wpływu na jakość sieci [18]. W tab. 2 zestawiono uzyskane wartości ilorazów błędów.

Tab. 2. Wartości błędów ilorazów określających wrażliwość sieci neuronowej

Table 2. Values of errors of quotients determining neural network sensitivity

Zmienne wejściowe					
Sposób doju	Wiek krowy	Wydajność mleczna	Liczba wycieleń	Dzień laktacji	Udział krwi hf
2,76	2,66	8,97	3,98	3,37	1,57

Na podstawie wyników analizy wrażliwości zawartych w tab. 1 stwierdza się, że zarówno sposób doju, jak i wszystkie uwzględnione cechy zootechniczne krów mają wpływ na liczbę komórek somatycznych w mleku. Wyniki obliczeń potwierdzają obserwacje innych autorów. Sawa i Bogucki [14] podają, że wzrost liczby komórek somatycznych w mleku związany jest ze wzrostem udziału genów rasy hf. Z kolei Ziemiński i in. [20] wykazali różnice statystyczne w wydajności mlecznej krów o niskim poziomie komórek somatycznych (do 400 tys. w 1 ml) w zależności od fazy ich laktacji. Ingalls [6] podaje, że w zależności od liczby wycieleń oraz wieku krów ulega zwiększeniu liczba komórek somatycznych, przekładająca się na obniżenie produkcji mleka. Dorynek i in. [4] stwierdzili związek pomiędzy zawartością komórek somatycznych w mleku a dzienną wydajnością mleczną oraz liczbą wycieleń krów.

Przeprowadzone doświadczenie wykazało również wpływ sposobu doju krów na liczbę komórek somatycznych w mleku. Należy jednak w tym miejscu podkreślić specyfikę przeprowadzania dojów ćwiartkowych, gdyż odbywało się ono w oborach po raz pierwszy. Zatem istotnym czynnikiem może być stres zwierząt, być może rzutuujący na liczbę komórek somatycznych w mleku. Zdrowotność wymienia w dużym stopniu zależy od czynników środowiskowych. Badania z zastosowaniem pulsacji przemiennej i ćwiartkowej przeprowadzono zarówno zimą, jak i wiosną, a badania Ziemińskiego i in. [20] dowodzą, że pora roku ma wpływ na liczbę komórek somatycznych w mleku.

Ważną informacją jest to, że w przeciwieństwie do innych składników wydojonego mleka zawartość komórek somatycznych po doju ma stałą wartość i nie zależy od warunków przechowywania i schładzania. Zatem losowość pobieranych próbek mleka nie odgrywa tu roli [3].

Wnioski

1. Przeprowadzona analiza wrażliwości wygenerowanego modelu neuronowego wykazała wpływ sposobu doju krów oraz ich niektórych cech zootechnicznych krów, objętych badaniami na liczbę komórek somatycznych w mleku.
2. Uzyskane wyniki badań obarczają błędy wynikające ze stochastycznego charakteru modeli neuronowych.

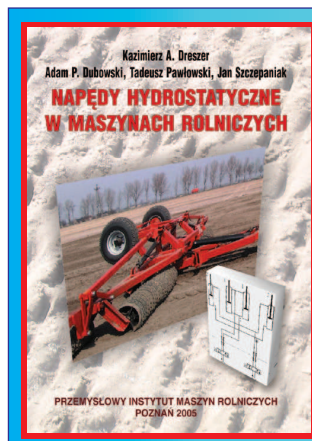
Literatura

- [1] Boniecki P.: Sieci neuronowe typu MLP oraz RGB jako komplementarne modele aproksymacyjne w procesie predykcji plonu pszenżyta: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2004, vol. 49(1), str. 28-33.
- [2] Boniecki P.: Wykorzystanie technik neuronowych w praktyce rolniczej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2005, vol. 50(2), str. 10-14.
- [3] Budślawski J.: Zarys chemii mleka. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa 1971.
- [4] Dorynek Z., Rytlewski J., Antkowiak I., Kryszkiewicz Cz.: Zawartość komórek somatycznych w mleku krów holsztyńskofryzjskich oraz jej wpływ na użytkowość mleczną. Acta Scientiarum Polonorum. Zootechnika, 2002, 1 (1-2): 53-62.
- [5] Dziennik Ustaw Nr 117 Poz. 1011 Roz. 2 § 3.1. z dnia 5 lipca 2002 r. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych warunków weterynaryjnych wymaganych przy pozyskiwaniu, przetworzeniu, składaniu i transporcie mleka oraz produktów mlecznych.
- [6] Ingalls W.: Somatic cells: Function and Relationship to Milk Production. West. Argo Inc., Kansas City, MO, 2000.
- [7] Jędrus A.: Przebieg doju krów z maszynową stymulacją ćwiartek wymion krów. Rozprawa doktorska. Maszynopis Instytutu Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej w Poznaniu, 2007.
- [8] Jędrus A., Lipiński M., Ledin N.: Характеристика молока коров выдаиваемых попеременно и четвертично. Сборник научных трудов (w druku).
- [9] Kosiński R.: Sztuczne sieci neuronowe. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 2002.
- [10] Lipiński M.: Dynamika końcowej fazy doju mechanicznego krów w aspekcie jego częściowej automatyzacji. Roczn. AR Poznań. Rozprawy Naukowe, 1991, z. 213.
- [11] Naumann I., Fahr R.D., Lengerken G.: Relationship between somatic cell count of milk and special parameters of milk flow curves of cows. Arch. Tierz. Dummerstorf, 1998, 41: 237-250.
- [12] Niżewski P., Boniecki P., Dach J.: Ocena zastosowania prognostycznej sieci neuronowej w modelowaniu emisji gazowych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Poznań, 2007, vol. 52(2), str. 71-74.
- [13] Osteras O., Lund A.: Epidemiological analyses of the associations between bovine udder health and milking machine and milking management. Prev. Vet. Med, 1988, 6: 91-108.
- [14] Sawa A., Bogucki M.: Genetyczne i środowiskowe uwarunkowania wydajności dobowej i jakości mleka. Acta Scientiarum Polonorum. Zootechnika, 2002, 1 (1-2): 129-138.
- [15] Spencer S.: Recent research and developments in machine milking - a review. J. Dairy Science, 1989, 72: 1907-1917.
- [16] Tadeusiewicz R.: Elementarne wprowadzenie do technik sieci neuronowych z przykładowymi programami. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1998.
- [17] Wellnitz O., Bruckmaier R.M., Blum J.W.: Milk ejection and milk removal of single quarters in high yielding dairy cows. Milchwissenschaft, 1999, 54: 303-306.
- [18] Wójtowicz P.: Polska wersja Statistica Neural Networks. StatSoft Polska, Kraków 2001.
- [19] www.lely.com
- [20] Ziemiński R., Dymarski I., Ćwikła A., Czarnik U., Braniewicz P.: Wpływ niektórych czynników środowiskowych i genotypu krów na zawartość komórek somatycznych w mleku. Acta Scientiarum Polonorum. Zootechnika, 2004, 3 (1): 125-132.

NEURON ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE WAY OF MILKING AND SELECTED CHARACTERISTICS OF COWS ON SOMATIC CELL COUNT IN MILK

Summary

Artificial neural networks are more and more frequently used to understand some complex biological processes. The aim of the paper was to use the advantages of artificial neural networks in order to check the impact of the milking way and selected cows' features on somatic cell count in milk.



NAPĘDY HYDROSTATYCZNE W MASZYNACH ROLNICZYCH

ISBN 83-921598-2-9

Książka adresowana jest do studentów uczelni rolniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawiera wybrane zagadnienia z mechaniki płynów i właściwości cieczy roboczych, opis budowy oraz działania poszczególnych maszyn hydraulicznych. Ponadto przedstawia przykładowe urządzenia hydrauliczne w wybranych maszynach rolniczych, a także diagnostykę układów hydraulicznych.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31

tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;

e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>